

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
ООП/ОПОП	Автоматизация сварочных процессов и производств
Специализация	Автоматизация сварочных процессов и производств
Отделение	электронной инженерии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Разработка автоматизированной системы поверхностного упрочнения деталей из сталей 40Х УДК 621.785.5.01:669.14.018.29

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Назыров Ильстан Ринатович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева И.Л.	-		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Дерюшева В.Н.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	К.Т.Н.		

Томск – 2023 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и

	систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий
ПК(У)-3	Способен применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций

ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа	<u>Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности</u>
Направление подготовки	<u>15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств</u>
ООП/ОПОП	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Специализация	<u>Автоматизация сварочных процессов и производств</u>
Отделение	<u>электронной инженерии</u>

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ А.А. Першина
(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1В91	Назыров Ильстан Ринатович

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы поверхностного упрочнения деталей из сталей 40Х	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	08.02.2023 № 39-33/с

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	22.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<p>Разработать программное обеспечение для автоматизированного расчета режимов поверхностного упрочнения пар трения электрической дугой на основании исследования влияния формы импульса дуги на характер оплавления стали.</p>
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы 2. Методы и материалы исследования 3. Результаты эксперимента 4. Разработка автоматизированного расчета результатов 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6. Социальная ответственность 5. Заключение по разделу
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Блок – схема</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и сбережение»	Гасанов М.А., д.э.н., профессор ОСГН
«Социальная ответственность»	Мезенцева И.Р., старший преподаватель ООД

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	09.02.2023
---	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Назыров Ильстан Ринатович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 ООП/ОПОП Автоматизация сварочных процессов и производств
 Специализация Автоматизация сварочных процессов и производств
 Отделение электронной инженерии

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
1В91	Назыров Ильстан Ринатович

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы поверхностного упрочнения деталей из сталей 40Х

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.01.2023	<i>Введение</i>	10
30.01.2023	<i>1. Обзор литературы</i>	10
13.02.2023	<i>2. Методы и материалы исследования</i>	20
03.04.2023	<i>3. Результаты эксперимента</i>	20
02.05.2023	<i>4. Разработка автоматизированного расчета результатов</i>	20
10.05.2023	<i>5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и сбережение</i>	5
17.05.2023	<i>6. Социальная ответственность</i>	5
20.05.2023	<i>Заключение</i>	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	К.Т.Н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	К.Т.Н.		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Назыров Ильстан Ринатович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 101 с., 20 рис., 32 табл., 31 источник, 3 прил.

Ключевые слова: поверхностное упрочнение, детали, материал, сталь, металлографический анализ, микротвердость, импульсный режим, неплавящийся электрод, автоматизация.

Объектом исследования является: поверхностное упрочнение деталей и стали по средствам управления тепловым потоком.

Цель работы – разработка программного обеспечения для автоматизированного расчета режимов поверхностного упрочнения пар трения электрической дугой на основании исследования влияния формы импульса дуги на характер оплавления стали

В ходе работы проводились исследования на определение зависимости глубины упрочнения от амплитудно-временных параметров импульса.

В результате проведенных исследований влияния формы импульса дуги на характер оплавления стали была разработана автоматизированная система для расчета результатов глубины упрочнения

Область применения распространяется на такие отрасли промышленности, как машиностроительная, приборостроительная, химическая отрасль.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

автоматизированный расчет: процесс выполнения математических или логических операций с использованием компьютерных программ или специальных алгоритмов, которые позволяют автоматически обрабатывать и анализировать большие объемы данных или выполнять сложные вычисления.

одионый импульс: кратковременное изменение физической величины, которое происходит в течение очень короткого промежутка времени.

конструкционная сталь: сталь, которая применяется для изготовления различных деталей, механизмов и конструкций в машиностроении и строительстве и обладает определенными механическими, физическими и химическими свойствами.

линейная интерполяция: метод численного анализа, который используется для нахождения значения между двумя известными значениями в некотором непрерывном наборе данных или функции.

металлографический анализ: метод исследования структуры и состав металлических материалов с использованием оптического микроскопа.

поверхностное упрочнение: технологический процесс обработки поверхностей материалов с целью повышения прочности поверхностного слоя или нанесения на поверхность упрочняющего покрытия.

программное обеспечение: представляет собой набор инструкций и данных, которые позволяют компьютеру выполнять определенные задачи или функции. Оно включает в себя программы, алгоритмы, библиотеки, операционные системы и другие компоненты, необходимые для работы компьютерной системы.

электрическая дуга: вид искрового разряда, сопровождающегося большой плотностью тока, длительностью горения, малым падением

напряжения на промежутке ствола, характеризующегося повышенным давлением газа, в котором поддерживается высокая температура.

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ 4543-2016.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия.
- ГОСТ 1050-2013. Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия.
- ГОСТ 19281-2014. Прокат повышенной прочности. Общие технические условия.
- ГОСТ ISO 6848-2020. Дуговая сварка и резка. Электроды неплавящиеся вольфрамовые. Классификация.
- ГОСТ 12.3.003-86. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности.
- ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
- СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.
- ГОСТ ISO 4007-2016. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты глаз и лица.
- ГОСТ 9.307-89. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля.
- МР 2.2.9.2311-07. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности.
- ГОСТ Р 56906-2016. Бережливое производство. Организация рабочего пространства.

- ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей.
- ГОСТ Р 58698-2019 (МЭК 61140:2016). Защита от поражения электрическим током. Общие положения для электроустановок и электрооборудования.
- ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
- ГОСТ 17.0.0.01-76. Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения.
- СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

СОДЕРЖАНИЕ

Содержание	12
ВВЕДЕНИЕ	15
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	17
1.1 Материалы применяемые для пар трения	17
1.2 Методы упрочнения поверхностей пар трения	18
1.2.1 Электронно-лучевое упрочнение	20
1.2.2 Плазменные технологии	21
1.2.3 Лазерное поверхностное упрочнение	21
1.2.4 Дуговая обработка материала	22
2 МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	24
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА	27
4 РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА РЕЗУЛЬТАТОВ	39
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	46
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	46
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	46
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	48
5.1.3 SWOT-анализ	51
5.2 Планирование работ по научно-техническому исследованию	52
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	52
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	53
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	54
5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	55
5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	55
5.3.2 Расчет амортизации специального оборудования	55
5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	56
5.3.4 Расчет дополнительной заработной платы	58
5.3.5 Отчисления на внебюджетные фонды	59
5.3.6 Накладные расходы	60

5.4 Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ	61
Заключение по разделу.....	64
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	68
Введение по разделу	68
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	68
6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	68
6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	69
6.2 Производственная безопасность	70
6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	70
6.3.1 Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания	70
6.3.2 Повышенный уровень вибрации.....	71
6.3.3 Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	71
6.3.4 Неионизирующие излучения, такие как: инфракрасное, ультрафиолетовое излучение	72
6.3.5 Химическое воздействие на организм работающего человека.....	72
6.3.5 Монотонность труда	73
6.3.6 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	73
6.3.7 Чрезмерно высокая или низкая температура материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	74
6.3.8 Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении работающего.....	74
6.3.9 Электрический ток	75
6.3.10 Электромагнитные поля, неионизирующие ткани тела человека ..	75
6.4 Экологическая безопасность	76
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	76
Вывод по разделу	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	79
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	80
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Блок – схема	85
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) Код программы	85

ВВЕДЕНИЕ

Детали, произведенные из высокопрочных сталей, нашли широкое применение в различных областях промышленности, таких как авиационная, автомобильная, судостроительная и многих других. Однако, применение этих материалов может столкнуться с проблемой недостаточной прочности на поверхности детали, что может приводить к образованию трещин и сколов при эксплуатации. В решении данной проблемы, технологический прогресс не стоит на месте, и одной из важнейших задач в области металлургии является повышение качества и долговечности деталей, за счет поверхностного упрочнения деталей. Так, данная методика позволяет увеличить прочность и износостойкость материала, не изменяя его химический состав. Практика поверхностного упрочнения находит обширное применение в производственной отрасли. В связи с этим, существует необходимость в разработке автоматизированной системы поверхностного упрочнения, которая позволит эффективно и точно применять этот метод на деталях машин.

Целью данной дипломной работы является разработка программного обеспечения для автоматизированного расчета режимов поверхностного упрочнения пар трения электрической дугой на основании исследования влияния формы импульса дуги на характер оплавления стали.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- провести анализ существующих методов упрочнения;
- исследовать влияние теплового потока на свойства металла;
- разработать модель автоматизированной системы;
- оценить экономическую эффективность применения исследуемого метода.

Актуальность разработки автоматизированной системы поверхностного упрочнения деталей является несомненной, поскольку предлагаемый метод позволяет повысить прочность и износостойкость деталей, не изменяя их

геометрических размеров и формы. Это особенно важно в производстве высокоточных и сложных деталей, где даже незначительные изменения могут негативно сказаться на качестве и точности.

Одной из ключевых преимуществ разрабатываемого метода является возможность локального упрочнения поверхности. Это позволяет сосредоточиться на конкретных участках детали, которые подвергаются наибольшим нагрузкам или изнашиванию, и повысить их прочностные характеристики. Такой подход позволяет эффективно использовать материал и сократить расходы на упрочнение всей детали, что в свою очередь приводит к экономической выгоде и уменьшению затрат в производстве.

Кроме того, применение автоматизированной системы поверхностного упрочнения является более экономичным и менее затратным способом производства по сравнению с другими традиционными методами поверхностного упрочнения. Это открывает новые возможности для предприятий, позволяя им повысить качество и долговечность своей продукции при минимальных затратах на процесс упрочнения деталей.

Таким образом, разработка автоматизированной системы поверхностного упрочнения деталей из сталей 40Х является актуальной и перспективной задачей. Ее реализация позволит повысить качество и надежность производимых деталей, улучшить конкурентоспособность предприятий и снизить затраты на производство. Это имеет большое значение в современной промышленности, где эффективность и экономичность процессов являются ключевыми факторами успеха.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

09.03 **Материалы применяемые для пар трения**

Пары трения являются важным элементом во многих механических системах, таких как двигатели, трансмиссии, насосы и компрессоры. Они обеспечивают передачу мощности и движение между двумя поверхностями, которые находятся в контакте друг с другом. Для эффективной работы пар трения необходимы материалы, которые обладают определенными свойствами.

Одним из главных свойств материалов для пар трения является их износостойкость. Поскольку поверхности в контакте могут перемещаться относительно друг друга с большой скоростью и под высоким давлением, материалы должны быть достаточно прочными, чтобы не разрушаться при этом процессе. Кроме того, они должны иметь хорошую термическую стабильность, чтобы не деформироваться при высоких температурах.

Сталь является одним из наиболее распространённых материалов в промышленности. Конструкционные углеродистые и легированные стали, такие как 40Х, 20, 45, 50, 30ХГСА и 09Г2С, обладают высокой прочностью и износостойкостью, что делает их идеальными для производства деталей машин и оборудования, подвергающихся сильному трению. Кроме того, все они могут быть термически обработаны для улучшения своих механических свойств. Каждая из сталей имеет свои уникальные свойства и применяется в зависимости от конкретных условий эксплуатации. Поэтому химический состав материала является одним из ключевых параметров при выборе стали для конкретного случая. Так конструкционные углеродистые стали содержат от 0,05% до 2% углерода, а также малые количества других элементов, таких как марганец, кремний, сера и фосфор [1]. Они обладают высокой прочностью и жесткостью, но не имеют достаточной устойчивости к коррозии и изнашиванию. Легированные стали содержат дополнительные элементы, такие как хром, молибден, никель, ванадий и титан. Эти элементы улучшают

механические свойства стали, такие как прочность, твердость и устойчивость к коррозии.

Например, сталь 40Х содержит 0,36-0,44% углерода, 0,8%-1,1% хрома, 0,5-0,8% марганца и 0,17-0,37% кремния [2]. Эти элементы придают стали высокую прочность и устойчивость к износу при высоких температурах.

Сталь 45 содержит 0,42-0,5% углерода и 0,5-0,8% марганца, 0,17-0,37% кремния, а также дополнительно не более 0,03% фосфора, 0,035% серы, 0,3% никеля, 0,3% меди и хрома не более 0,25% [3]. Марганец улучшает свойства стали, такие как прочность и устойчивость к износу.

Сталь 09Г2С содержит не более 0,12% углерода, 1,3-1,7% марганца и 0,6-0,8% кремния [4]. Эти элементы придают стали высокую прочность и устойчивость к коррозии.

Таким образом, благодаря своим механическим свойствам, таким как высокая прочность и износостойкость, вышеуказанные стали применяют для изготовления пар трения. Применение этих сталей может быть найдено в различных областях промышленности, таких как автомобильная, металлургическая, нефтегазовая и другие.

1.2 Методы упрочнения поверхностей пар трения

В процессе эксплуатации деталей машин, пары трения подвергаются процессам, которые оказывают большую нагрузку на данный механизм. Одним из основных неблагоприятных процессов является трение, которое приводит детали к износам их поверхностей. В решении данной проблемы лежит ряд мероприятий, включающий в себя технологии упрочнения поверхностей, с целью уменьшения нагрузок на систему.

В настоящее время концепция эффективного использования машин и оборудования заключается в разработке методов и средств повышения долговечности материала за счет упрочнения поверхностного слоя, который обеспечивает заданные функциональные свойства рабочих поверхностей деталей, включая пары трения. Для выполнения актуальной задачи

необходимо исследование, разработка и совершенствование технологий упрочнения.

Для каждого конкретного случая необходимо выбирать оптимальный метод, учитывая особенности материала и условия эксплуатации детали. Так, при формировании микроструктуры поверхностного слоя необходимо учитывать энергетическую способность взаимодействия насыщающего элемента, физико-химическую природу насыщающей среды и механизм фазовых превращений. Одним из перспективных методов является технология поверхностного упрочнения с использованием высокоэнергетического потока энергии, который после обработки может обеспечить повышенную износостойкость металлических поверхностей.

Начиная с 1970-х годов, появились новые методы поверхностного упрочнения деталей из стали, которые включают использование лазерных, электронно-лучевых и плазменных источников нагрева. Все эти методы имеют одну общую особенность – как они концентрируют тепловую энергию в определенной точке на поверхности, которая последовательно переносится на соседние точки благодаря перемещению теплового пучка и заготовки. Кроме того, нагреваемый слой быстро охлаждается за счет кондуктивного теплоотвода в более глубокие слои детали. Эти методы могут быть применимы для обработки малых и миниатюрных деталей, наружных и внутренних поверхностей, а также для создания отверстий с упрочненной поверхностью и т.д.

Под высокоэнергетическим потоком энергии следует понимать концентрированный поток, воздействующий на локальный участок поверхности с плотностью тепловой мощности более 10^3 Вт/см². На практике для упрочнения поверхности чаще всего используют лазерное излучение, электронный пучок и плазменные потоки.

1.2.1 Электронно-лучевое упрочнение

Электронно-лучевое упрочнение поверхностного слоя стали заключается в следующем: электронный пучок высокой энергии направляется на поверхность материала, при попадании на поверхность стали электроны передают свою энергию атомам материала, вызывая их нагрев и возбуждение. В результате этого происходит изменение микроструктуры материала и формирование микротвердых зон на поверхности стали. Это приводит к улучшению триботехнических свойств деталей, с учетом обеспечения оптимальных параметров электронно-лучевой обработки.

Рассматриваемый метод обеспечивает короткий цикл нагрева и последующее быстрое охлаждение, приводящее к образованию мелкодисперсной закаленной структуры с высокой твердостью и износостойкостью. Электронный луч способен упрочнить поверхностный слой деталей на глубину 0,2-5 мм с последующей отделкой поверхности шлифованием или обкаткой [5]. Плотность энергии электронного луча может отличаться в зависимости от условий проведения процесса и параметров оборудования. Процесс электронно-лучевой обработки может быть выполнен как с использованием электронной пушки, так и с помощью специального оборудования, которое генерирует электронный луч [6]. Для уменьшения потерь кинетической энергии электронов в результате столкновения с молекулами воздуха и избежания окисления поверхности материала, процесс упрочнения обычно проводится в вакууме [7]. Применение двукратной электронно-лучевой закалки позволяет упрочнять поверхностные слои углеродистых сталей [8].

Высокая стоимость оборудования и сложность обработки процесса ограничивает его применение к некоторым ситуациям. Важно проводить дополнительные исследования и тестирования для определения оптимальных параметров процесса упрочнения для каждого конкретного случая.

1.2.2 Плазменные технологии

Существует еще один перспективный метод, который основан на упрочнении поверхностного слоя стали с использованием высококонцентрированного источника нагрева. Плазменная технология поверхностного упрочнения материала основана на использовании плазменного потока, который создается в специальном аппарате – плазмотроне.

При работе плазматрона, газ (обычно аргон) пропускается через узкий зазор между двумя электродами, создавая электрическое поле. Это поле ионизирует газ и создает плазменный поток, который выходит из плазматрона со скоростью выше 1000 м/с. Плазменный поток направляется на поверхность стали, которую нужно упрочнить. При использовании аргона температура плазмы составляет 15000-30000°C, что приводит к образованию на поверхности стали тонкого слоя расплавленного металла. Этот слой быстро охлаждается и затвердевает, что приводит к образованию очень твердой и износостойкой поверхности.

Плазменная струя получила применение для напыления [9]. В качестве напыления упрочняющего материала выступает гранулированный порошок [5], который расплавляется плазменной струей и наносится на поверхность детали. Чередование твердых и пластичных прослоек на поверхности деталей способствует повышению их долговечности при работе в условиях динамических и термомеханических нагрузок [8].

Применение данного метода в мелкосерийном и единичном производстве ограничено из-за высокой стоимости оборудования и присадочных материалов [5].

1.2.3 Лазерное поверхностное упрочнение

Следующий способ поверхностного упрочнения относится к локальному методу термической обработки за счет

высококонцентрированных источников нагрева. Данный метод, как и другие ранее рассматриваемые способы поверхностного упрочнения, имеет черты, свойственные всем другим высококонцентрированным источникам. Это такие черты как: обработка поверхностного участка материала без нагрева остального объема, а также быстрые скорости нагрева и охлаждения материала при очень малом времени воздействия [10].

Лазерное излучение позволяет сконцентрировать высокие плотности энергии (до 100 Дж/см^2) и мощности (до 10^{10} Вт/см^2) [11]. Оборудование для лазерного упрочнения различается по типу излучателя, лежащего в его основе, установки на базе твердотельных или газовых лазеров. Лазеры подразделяют также на импульсные и непрерывного действия. Так, при различной фокусировке луча можно нагревать поверхность материала до любых температур, вплоть до температуры плавления стали [12]. При воздействии луча на поверхность обрабатываемых металлов, часть его энергии отражается от нее, а остальной поток излучения проникает на незначительную глубину. Вследствие малого времени воздействия лазерного пучка подвергаются поверхностные слои толщиной порядка $0,5 - 1,5 \text{ мм}$ [13]. За счет перемещения лазерного луча нагретая часть быстро охлаждается, благодаря теплопроводности материала, в результате чего аустенитная фаза превращается в твердую, износостойкую мартенситную структуру [14].

Существует и ряд недостатков данного метода, что можно и назвать общей чертой в сравнении с другими способами упрочнения, это высокая стоимость оборудования, сложность процесса и ограниченная глубина закалки [14].

1.2.4 Дуговая обработка материала

В данном разделе будут рассмотрены работы, посвященные изучению влияния концентрированных источников энергии на поверхностную структуру материала. Одна из работ [15] посвящена упрочнению образцов из серого чугуна электродуговым способом. Результаты исследования показали,

что микротвердость поверхностного слоя упрочненных чугунов выросла на 20% по сравнению с обычной упрочняющей термообработкой, а коррозионная стойкость увеличилась в 2 раза. Были выявлены оптимальные скорости обработки (от 0,03 до 0,06 м/с), при которых достигается максимальная микротвердость (от 850 – 1100HV), а глубина закаленного слоя колеблется от 0,22 до 0,8 мм в зависимости от химического состава чугуна. Разработанный метод показывает, что использование электрической дуги для упрочнения поверхностного участка изделия, создаваемой между поверхностью детали и вольфрамовым электродом, целесообразно использовать для деталей машин и механизмов, эксплуатирующихся в условиях повышенного износа и в агрессивной среде, как вид финишной обработки.

Другая статья [16], посвящена разработке новой технологии, позволяющей формировать на титановых сплавах покрытия с высокими триботехническими свойствами при минимальных затратах энергии и времени. В этом исследовании авторы предложили использование сжатой электрической дуги, горящей в атмосфере азота, в качестве источника нагрева. Результаты показали, что значение микротвердости составило от 9 ... 12 Гпа, при исходной микротвердости около 4 Гпа, а глубина упрочненного слоя составила 1,5 мм. Таким образом, предложенная обработка с применением концентрированного источника энергии является перспективным направлением для повышения износостойкости титановых сплавов. Это подтверждается увеличением микротвердости в 2,3 раза по сравнению с исходными образцами, увеличением износостойкости в среднем на 50% и уменьшением коррозионных потерь.

Проведенный анализ способов упрочнения поверхности с применением концентрированных потоков энергии показал, что метод обработки с использованием электрической дуги по плотности мощности сравним с плазменной струей, но при этом его стоимость ниже. Следовательно, использование электрической дуги для упрочнения поверхностного слоя деталей машин является эффективной методикой.

2 МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Импульсно-дуговое поверхностное упрочнение проводили на плоских образцах из стали 40Х. Данная сталь может использоваться для изготовления пар трения, которые предназначены для работы. В условиях высоких температур и давлений [17]. Химический состав стали 40Х приведен в таблице 1, согласно ГОСТ 1050-2013 [2].

Таблица 1 – Химический состав стали 40Х

Массовая доля элементов, %			
C	Si	Mn	Cr
0,36-0,44	0,17 -0,37	0,5-0,8	0,8-1,1

Исследование проводили на экспериментальной установке, в соответствии с рисунком 1.

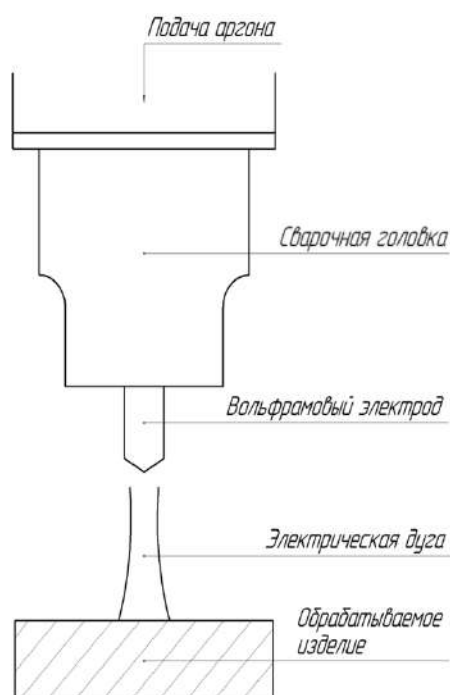


Рисунок 1 – Схема установки для поверхностного упрочнения

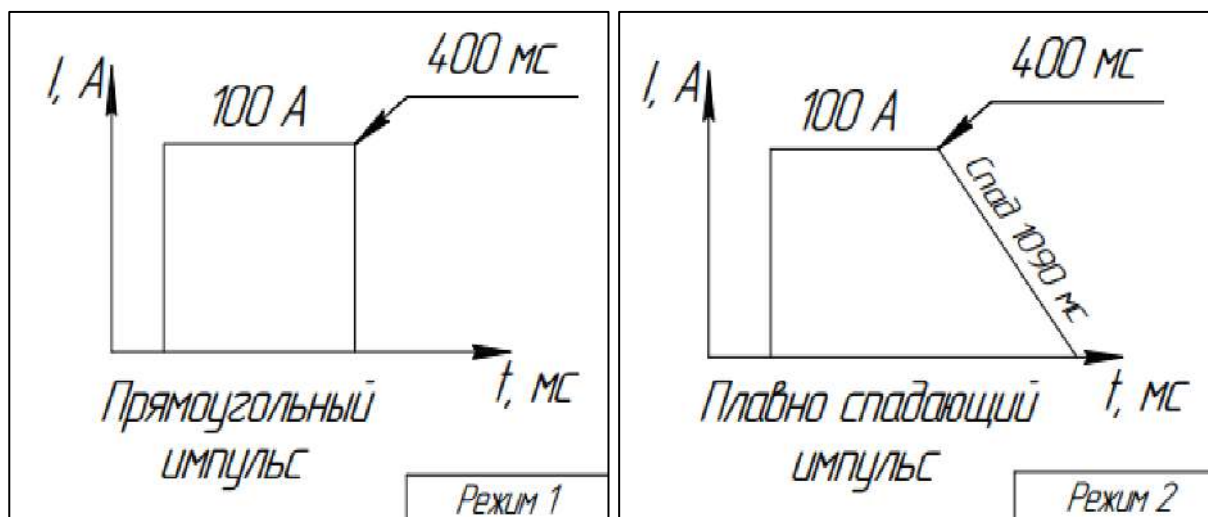
Данная установка дает возможность бесконтактно осуществлять зажигание дуги, регулировать временной диапазон и величину тока, а также другие технологические параметры. В качестве защиты электрода и нагретого участка поверхности детали от окисления используется инертный газ – аргон. Расход защитного газа составлял 5 л/мин. Расстояние между электродом и изделием было равным 1,0 мм. Как видно на рисунке 1, подача аргона осуществлялась со стороны сварочной головки, на верхнюю часть обрабатываемого изделия.

Поверхностное упрочнение стали производили вольфрамовыми электродами марки WL20. Диаметр всех используемых электродов был равен 1,6 мм. В таблице 2 приведен химический состав электрода WL20, согласно ГОСТ ISO 6848-2020 [18].

Таблица 2 – Химический состав вольфрамового электрода WL20

Классификационное обозначение	Массовая доля окиси лантана, %	Примеси по массе, не более %	Вольфрам массовая доля, %
WL20	От 1,8 до 2,2	0,1	Остаток

Для исследования зависимости структурно-фазового состояния и глубины упрочнения от длительности импульса тока и его амплитуды, использовали две формы импульса с величиной тока 100А, согласно рисунку 2.



а

б

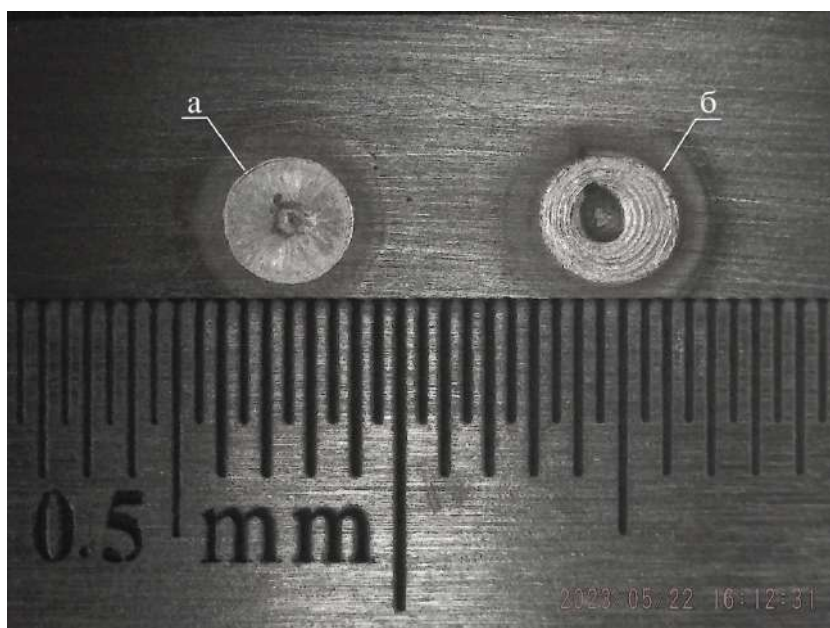
а – прямоугольная форма импульса; б – плавно спадающая форма импульса
Рисунок 2 – Формы импульса

Суть этого способа заключается в кратковременном нагреве поверхностного участка изделия, за счет высоковольтного одиночного импульса. Как видно на рисунке 2, для обеспечения стабильного зажигания и горения дуги, заданный импульс тока начинается с короткого импульса обратной полярности (20А), за которым следует основной импульс прямой полярности.

Структурные исследования зон и глубины упрочнения проводили методами металлографии с помощью инвертированного микроскопа OLYMPUS GX51, снабженного цифровой камерой, которая позволяет фиксировать изображение на компьютере. Микротвердость (H_V) зон упрочнения измеряли на приборе HVS-1000 (ГОСТ 8.063-2012) с шагом по радиусу 150 мкм при нагрузке 100, 300 г и по глубине упрочнения с шагом 100, 150 мкм при нагрузке 300 г. В качестве травителя для выявления структуры стали 50 использовали 4-х % раствор HNO_3 в воде.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

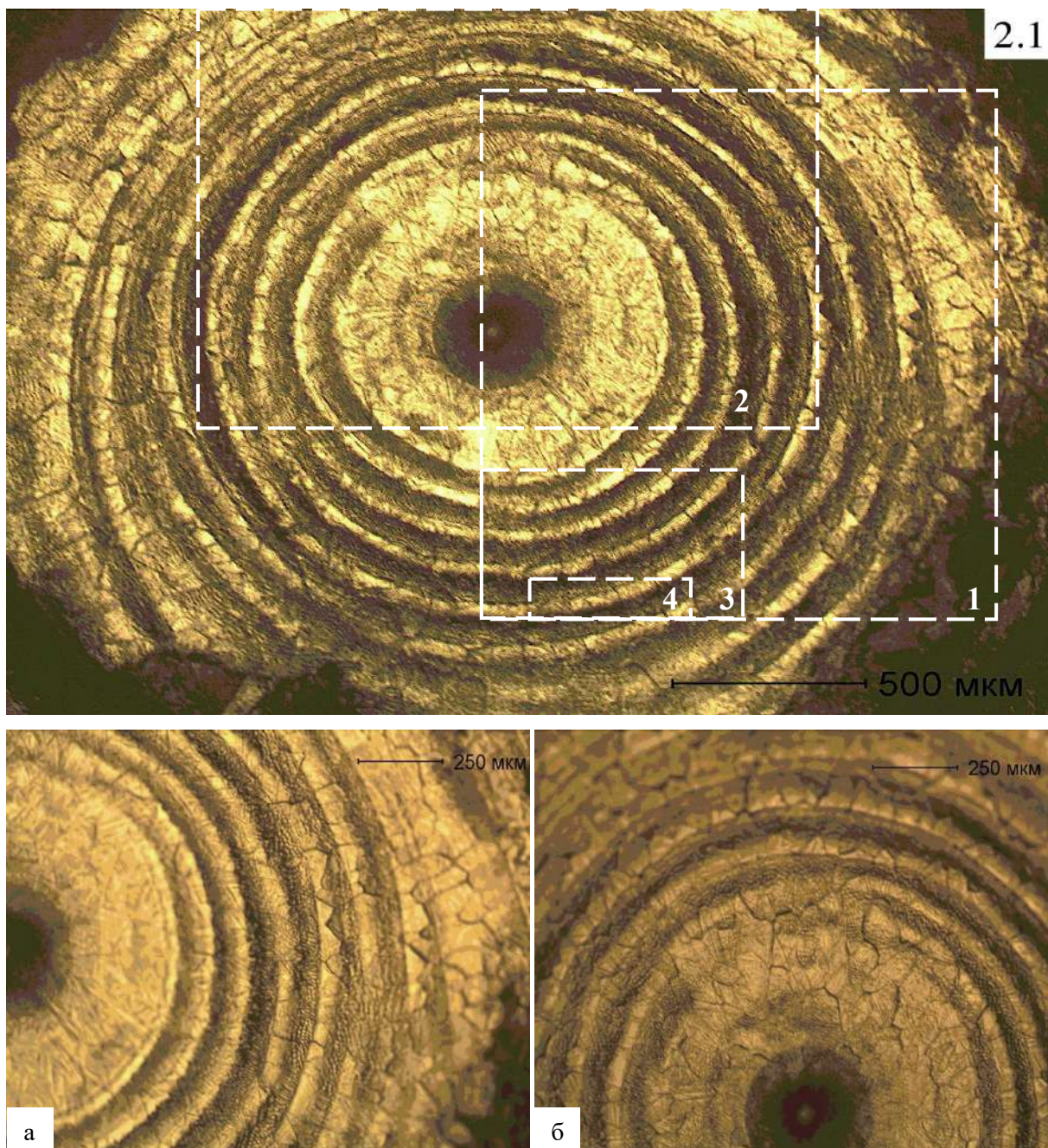
Было проведено исследование, направленное на изучение воздействия электрической дуги на поверхностный слой стали 40Х. Изучались такие основные параметры дуги, как амплитуда и длительность импульса, диаметр и тип электрода. Отсюда стояла задача – определить влияние указанных параметров на глубину зоны термического влияния и ее структурно-фазовое состояние. Результаты исследования показали, что зона поверхностного упрочнения стали 40Х имеет четкую границу раздела обработанной поверхности и основного металла. Из анализа фотографий (рисунок 3) следует, что зона упрочнения имеет форму окружности.



а – прямоугольная форма импульса; б – плавно спадающая форма импульса
Рисунок 3 – Зона поверхностного упрочнения

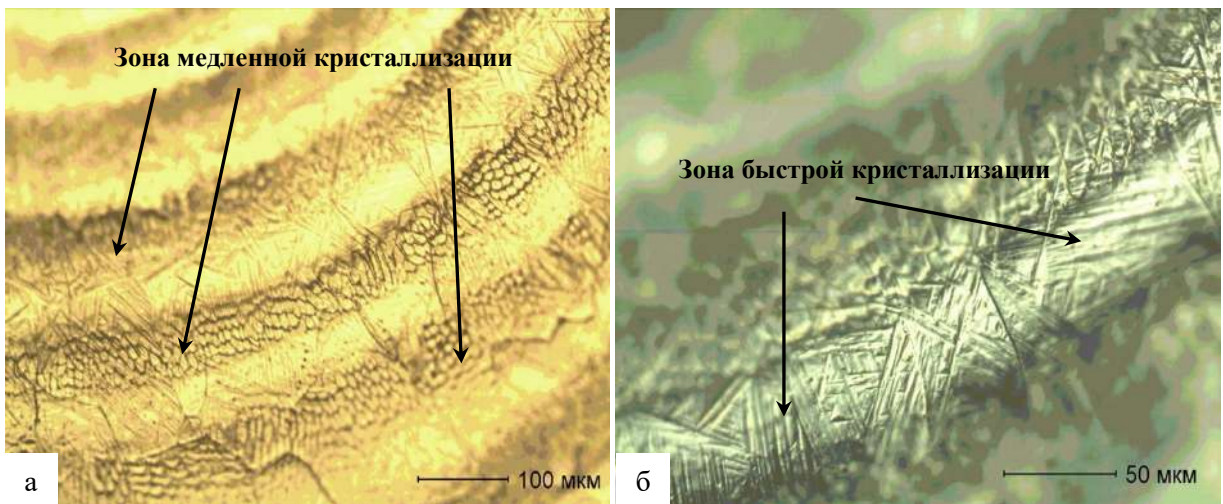
На основании результатов, показанных на рисунке 4 – а, б, можно сделать вывод, что использование плавно спадающей формы импульса приводит к неравномерной кристаллизации. Образование этой структуры свидетельствует о наличии скрытой теплоты плавления, вызванной плавным спадом амплитуды тока. Этот эффект препятствует быстрой кристаллизации, и в результате формируется мелко чешуйчатая структура, представленная на

рисунке 5 – а. В зонах, где кристаллизация происходит быстрее, образуются иглы мартенсита, как показано на рисунке 5 – б. Это приводит к тому, что поверхность зоны упрочнения имеет вид концентрических колец.



а – 1; б – 2 (Экземляр 2.1)

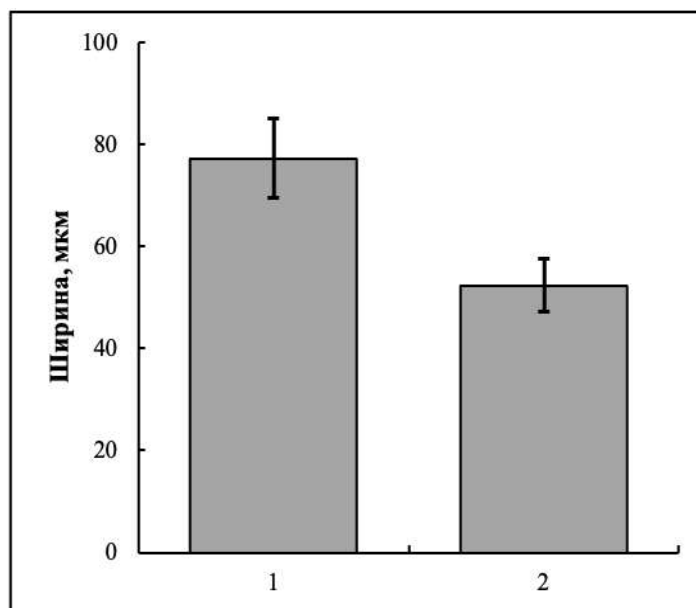
Рисунок 4 – Участки зоны упрочнения при плавно спадающем импульсе



а – 3; б – 4 (Экземляр 2.1)

Рисунок 5 – Участки зоны упрочнения при плавно спадающем импульсе

Гистограмма на рисунке 6 показывает, как ширина кольца зависит от зоны кристаллизации.



1 – зона замедленной кристаллизации; 2 – зона быстрой кристаллизации

Рисунок 6 – Средняя ширина колец кристаллизации

Ширина колец, образовавшихся при замедленной скорости кристаллизации в 1,4 раза, превышает ширину колец, образовавшихся при быстрой скорости кристаллизации. Конкретно, ширина колец у замедленного процесса кристаллизации лежит в диапазоне от 57 до 91 мкм, в то время как

ширина колец быстрого процесса кристаллизации колеблется в диапазоне от 41 до 67 мкм. Это было подтверждено результатами многократных измерений.

Результаты металлографического анализа (рисунок 7), подтверждают, что при использовании прямоугольной формы импульса поверхностная зона упрочнения не имеет характерных колец, что вызвано резким снижением амплитуды тока и неизменным во времени теплоотводом.

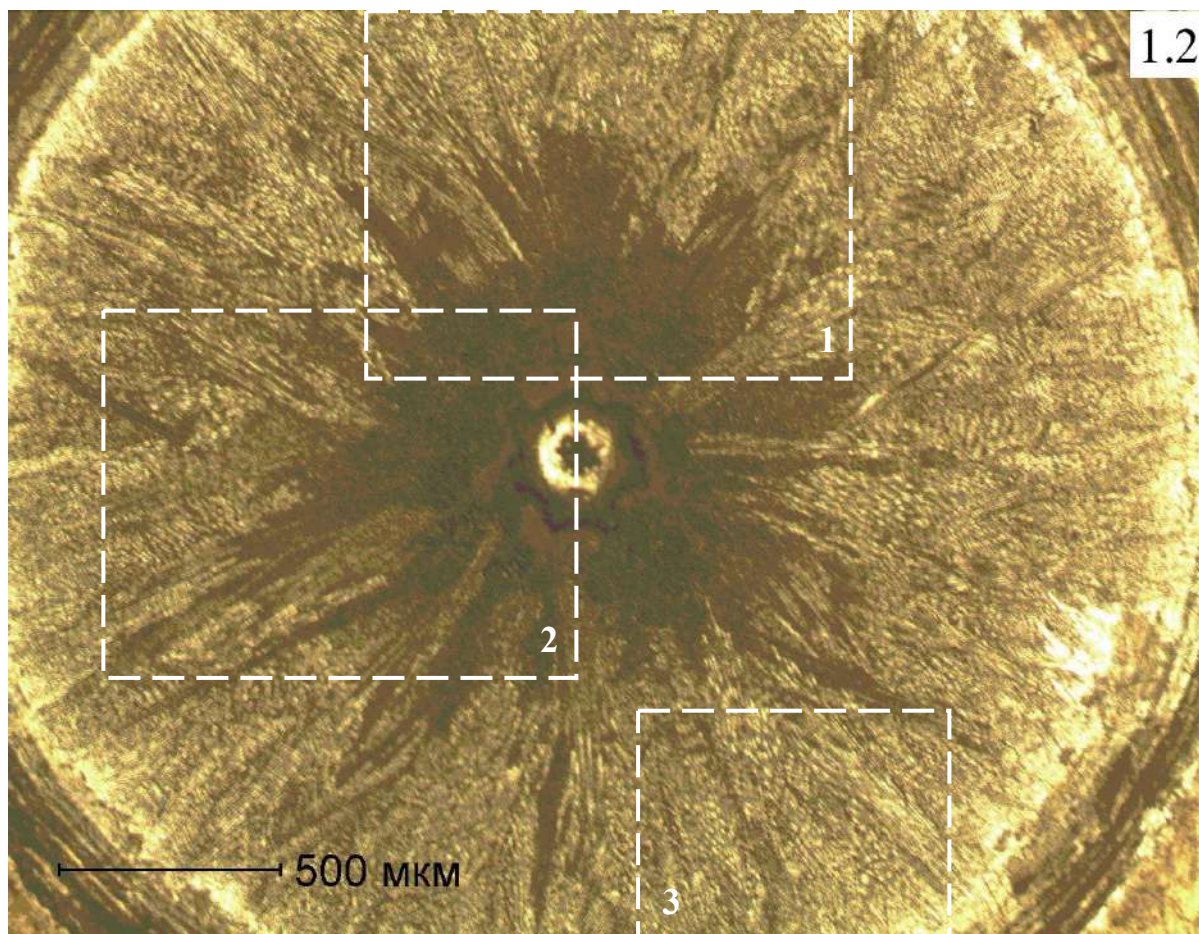
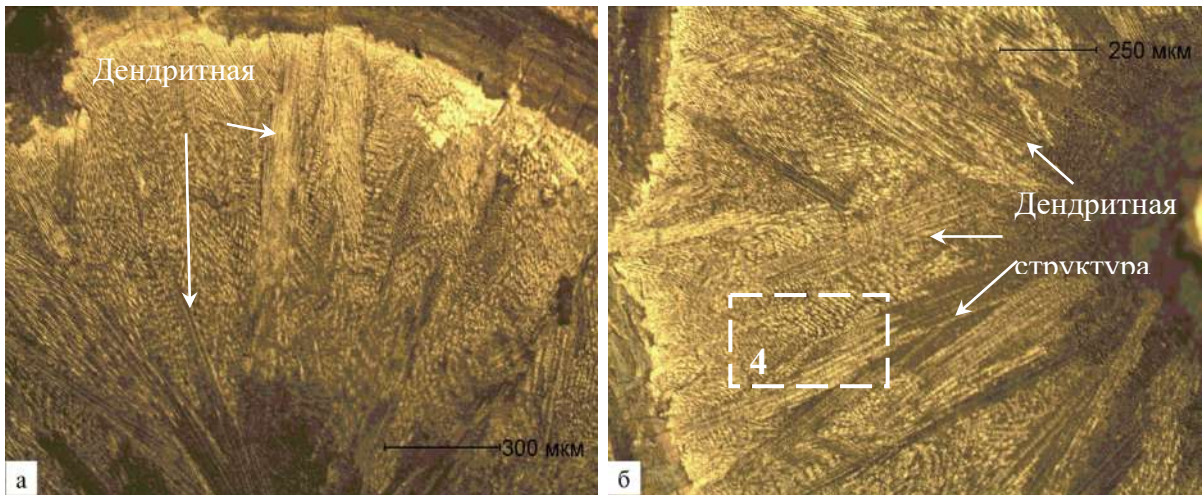


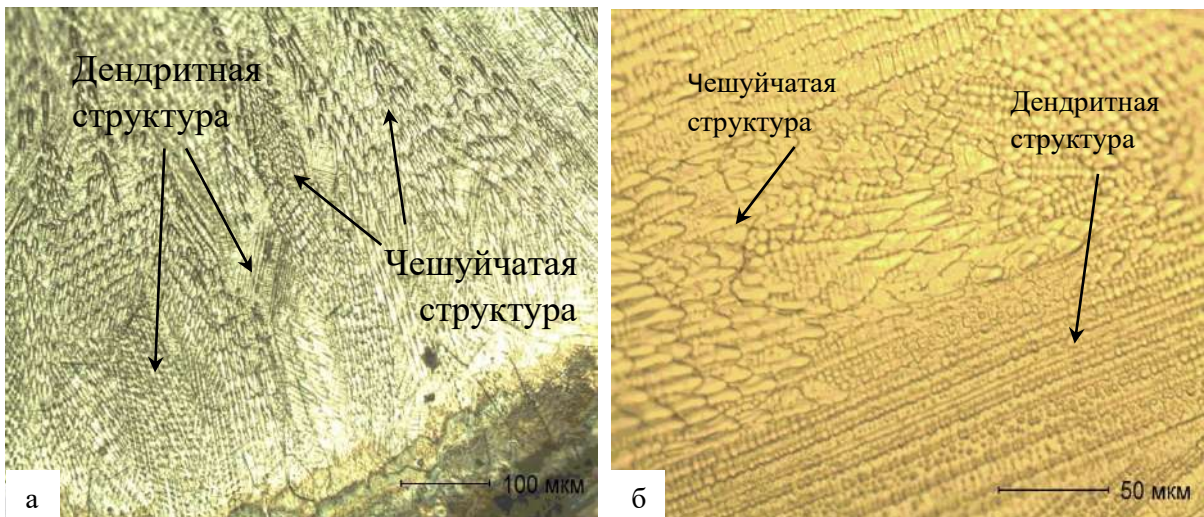
Рисунок 7 – Зона упрочнения при прямоугольном импульсе

Из анализа фотографий можно сделать вывод, что в центральной части зоны упрочнения имеется крупное ядро, вокруг которого наблюдается интенсивный рост дендритов к его центру, как показано на рисунке 8 – а, б. На рисунке 9 – а, б можно увидеть формирование отдельных зерен, состоящих из однонаправленных дендритов.



а – 1; б – 2

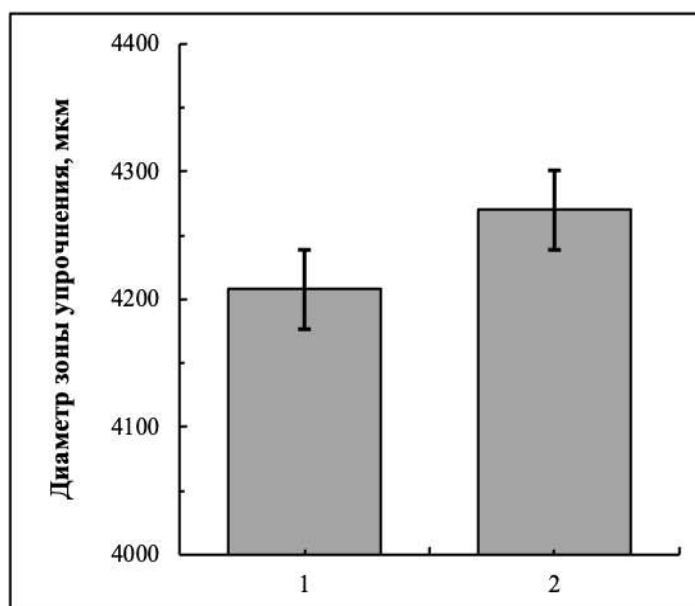
Рисунок 8 – Участки зоны упрочнения при прямоугольном импульсе



а– 3; б – 4 (Экземпляр 1.2)

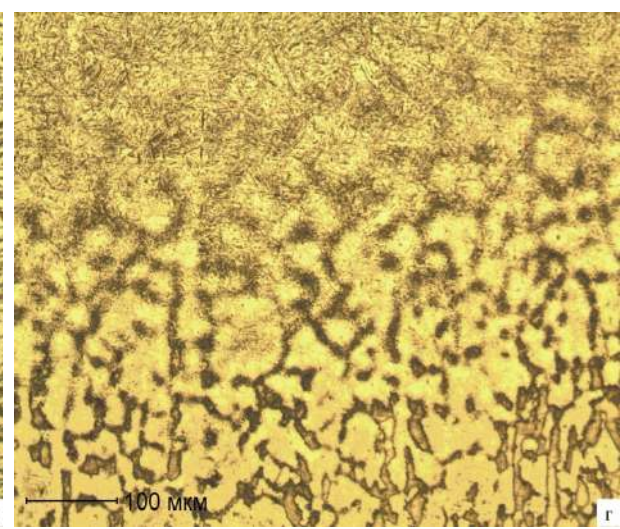
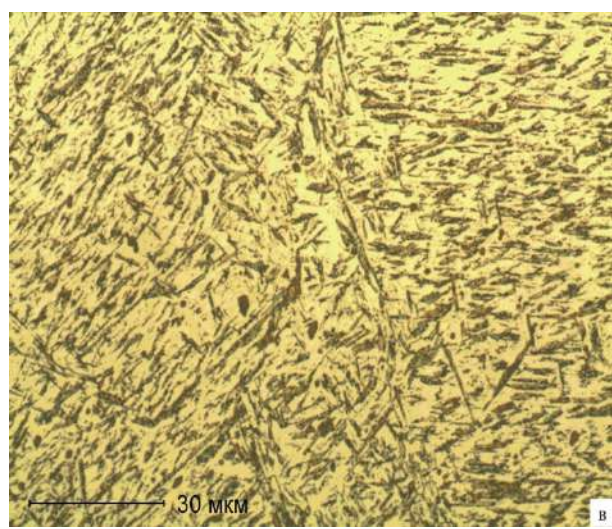
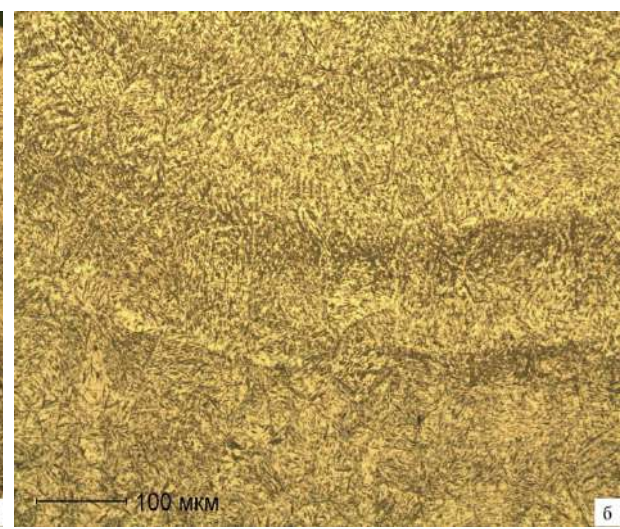
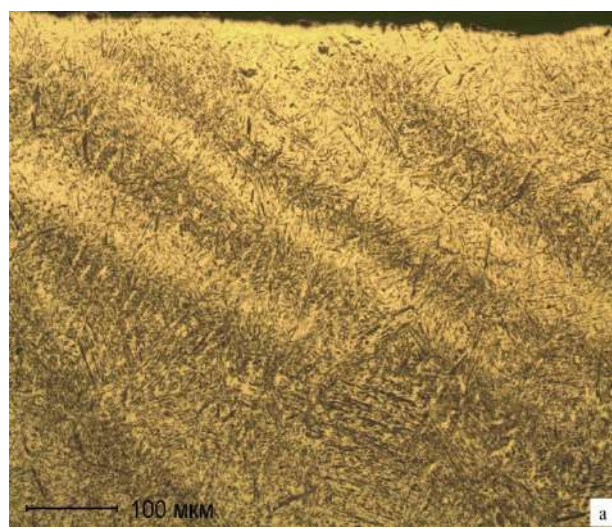
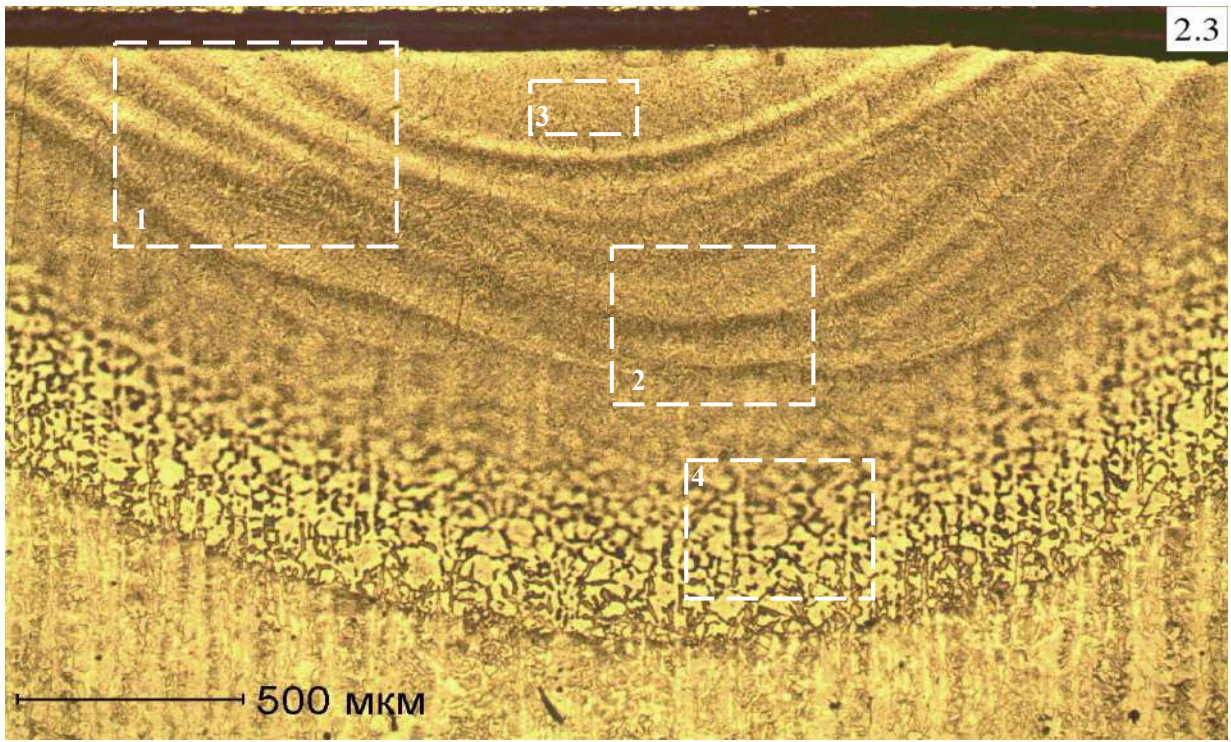
Рисунок 9 – Участки зоны упрочнения при прямоугольном импульсе

По результатам анализа графиков эксперимента стало ясно, что при использовании плавно спадающего импульса увеличивается диаметр зоны упрочнения (рисунок 10), а также, что данная форма импульса оказывает влияние на глубину упрочнения.



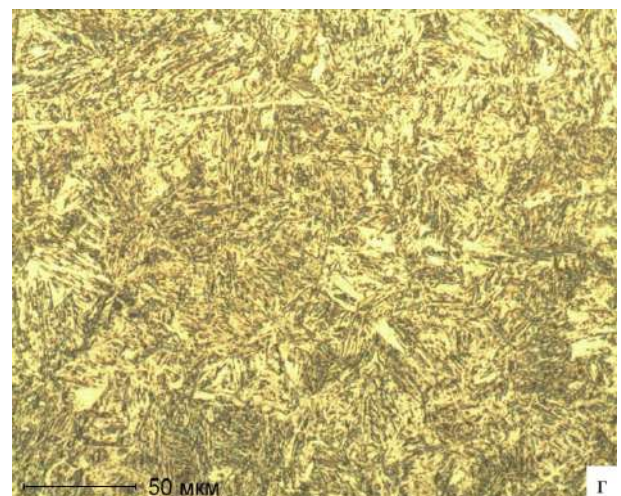
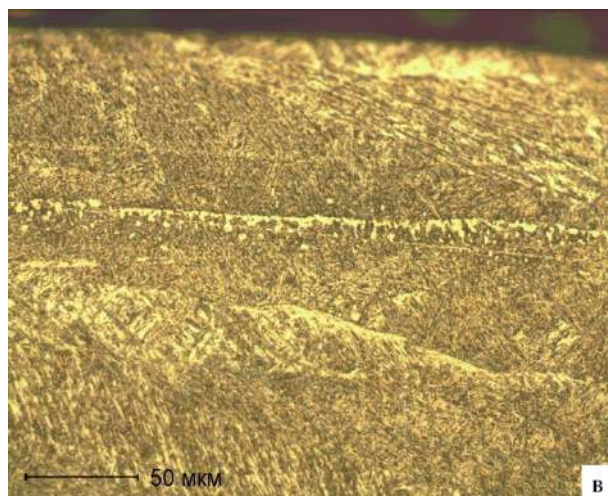
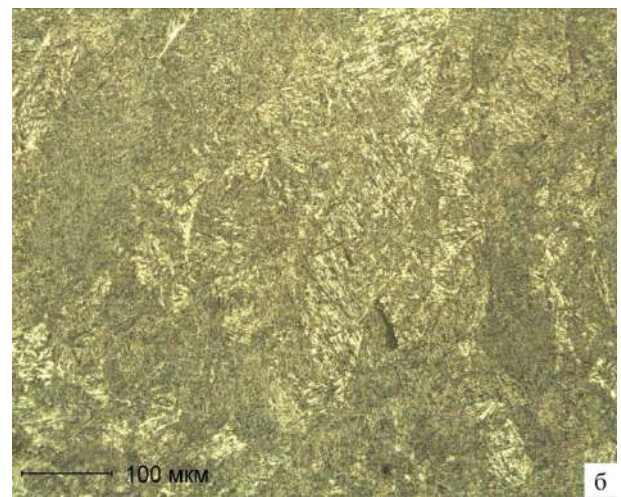
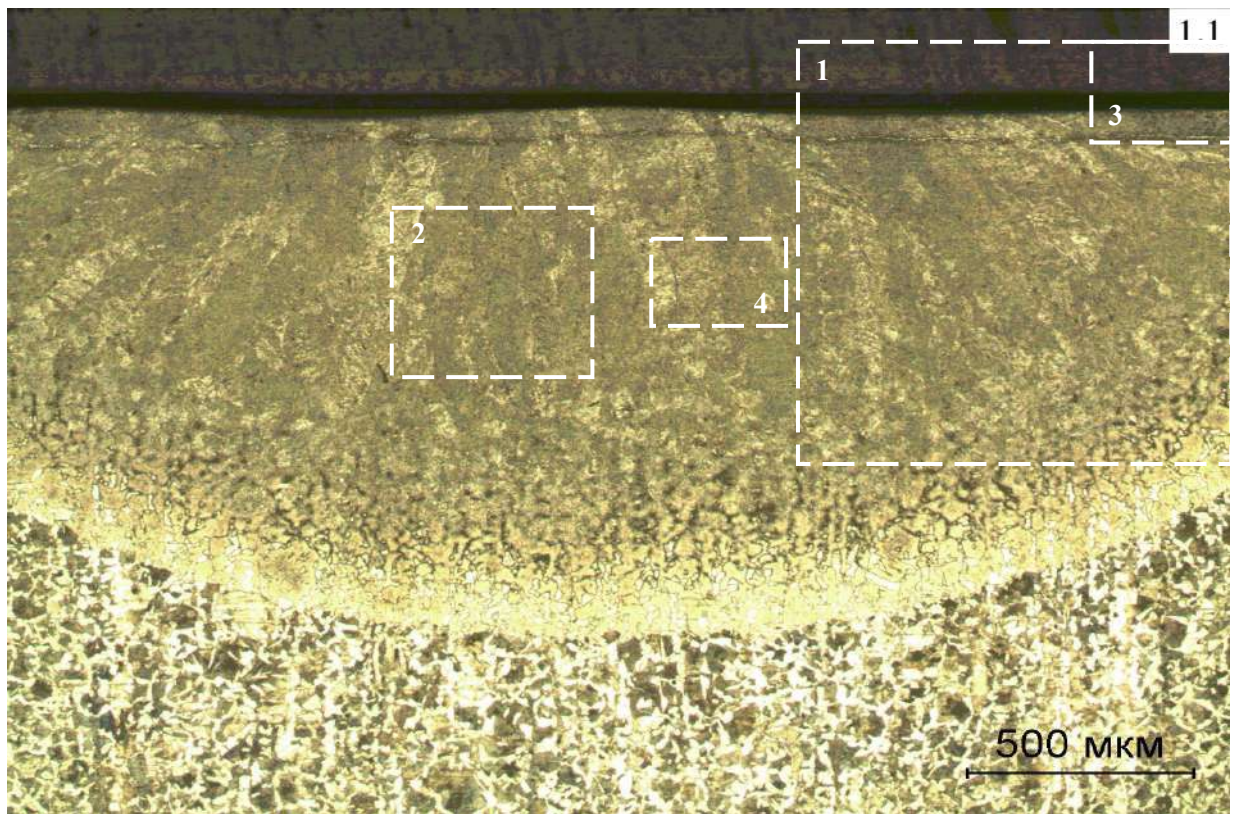
1 – прямоугольный импульс; 2 – плавно спадающий импульс
 Рисунок 10 – Зависимость диаметра от формы импульса

На рисунках 11 и 12 представлены фотографии микроструктуры полученных точек оплавления в поперечном сечении. Одной из особенностей, оказывающей влияние на зону упрочнения, является форма импульсов. В случае плавно спадающего импульса, наблюдается образование слоистой структуры как на поверхности, так и по глубине упрочнения. Так, при использовании прямоугольной формы импульса можно наблюдать увеличение дендритной структуры в направлении центра зоны упрочнения, как это показано на рисунке 12 – а.



а – 1; б – 2; в – 3; г – 4

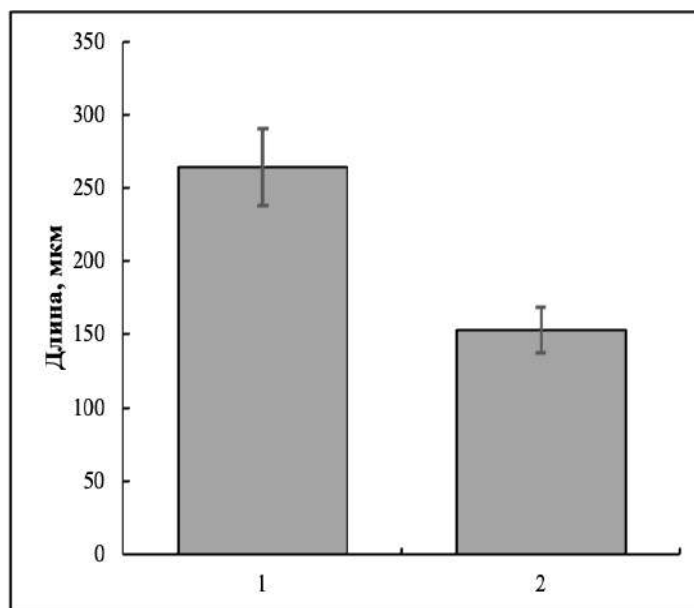
Рисунок 11 – Глубина упрочнения при плавно спадающем импульсе



а – 1; б – 2; в – 3; г – 4

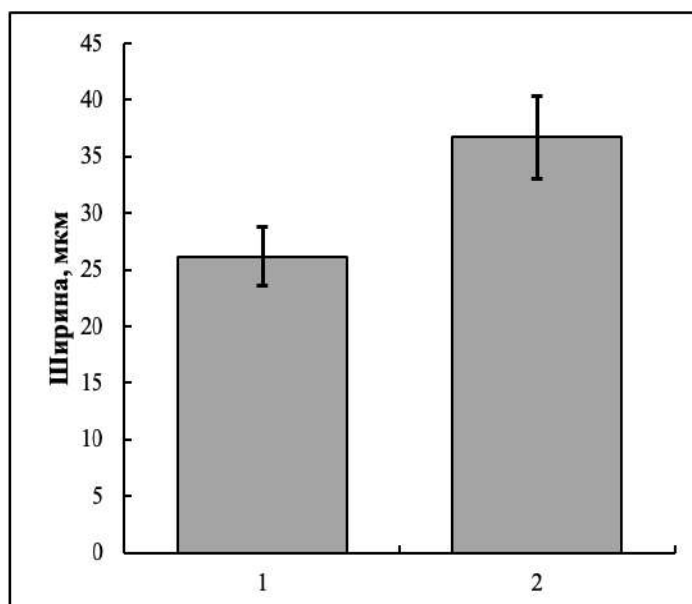
Рисунок 12 – Глубина упрочнения при прямоугольном импульсе

Гистограмма средней длины дендритов по глубине упрочнения представлена на рисунке 13. Стоит отметить, что рост дендритов происходит в зоне оплавления. В свою очередь, при использовании плавно спадающего импульса, рост дендритов наблюдается крайне редко. При этом в центре ядра и зонах ускоренной кристаллизации наблюдается формирование игл мартенсита.



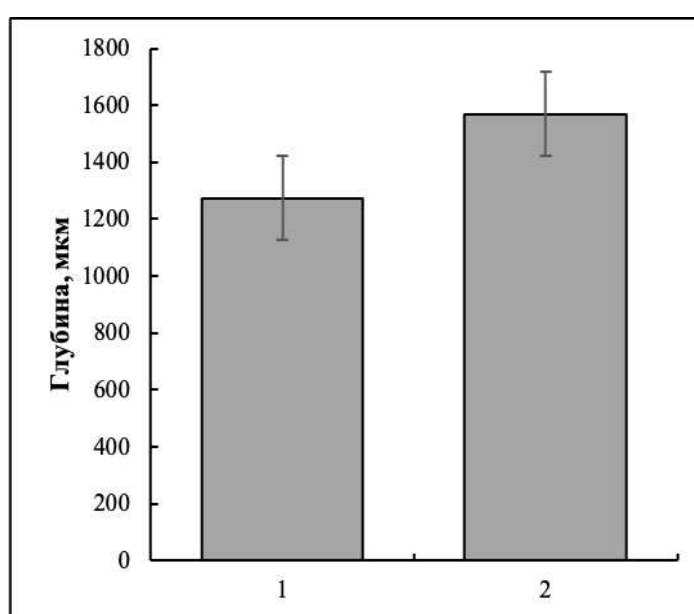
1 – прямоугольный импульс; 2 – плавно спадающий импульс
Рисунок 13 – Средняя длина дендритов по глубине упрочнения

После анализа фотографий поперечного сечения, было выявлено, что структурно-фазовое состояние зоны упрочнения формируется на двух основных участках: зоне оплавления и зоне термического влияния. На рисунке 14 представлена диаграмма, иллюстрирующая среднюю ширину зоны термического воздействия. Как видно из графика, ширина зоны термического воздействия при использовании плавно спадающего импульса оказывается больше, чем при использовании прямоугольного импульса.



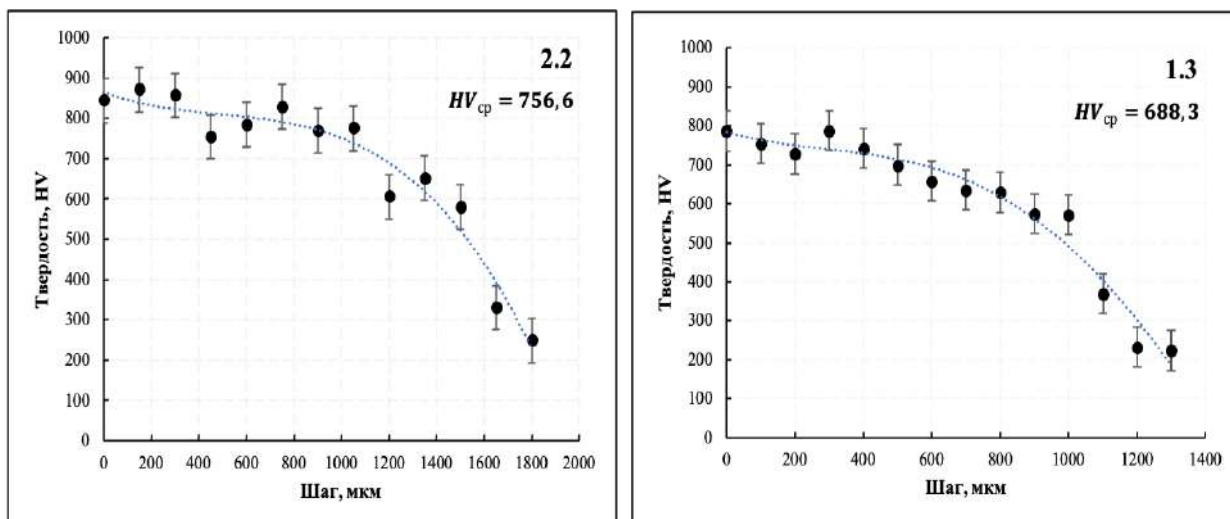
1 – прямоугольный импульс; 2 – плавно спадающий импульс
 Рисунок 14 – Средняя ширина зоны термического влияния

Одним из важных параметров формирования зоны упрочения является глубина закаленного слоя. Проведенные многократные измерения показали, при плавно спадающем импульсе глубина закаленного слоя больше, чем при прямоугольном импульсе. Увеличение длительности импульса приводит к заметному росту глубины упроченной зоны. Средняя глубина упрочнения поверхностного слоя представлена на рисунке 15.



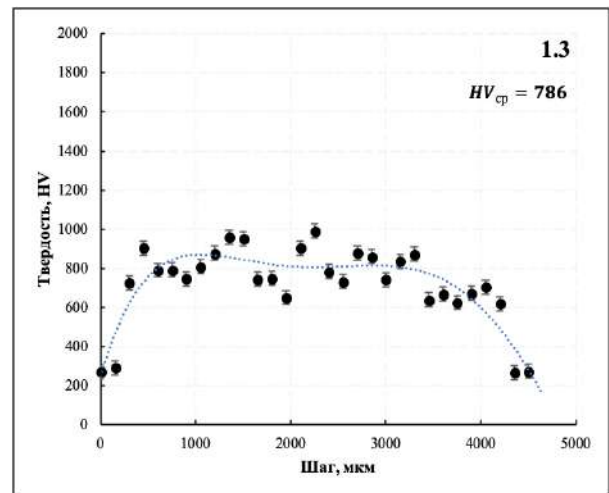
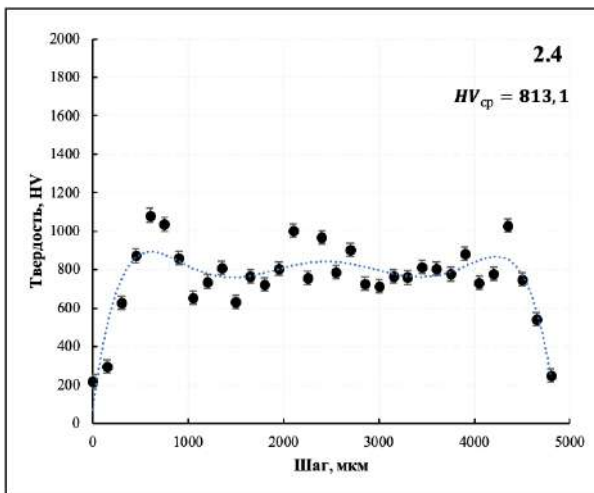
1 – прямоугольный импульс; 2 – плавно спадающий импульс
 Рисунок 15 – Средняя глубина упрочнения

В ходе исследования были построены графики, отображающие распределение микротвердости по поверхности основного металла, зоне упрочнения и глубине упрочнения. Из данных на рисунках 16 и 17 получена информация о микротвердости в зависимости от формы импульса. Анализ графиков показал, что микротвердость при плавно спадающем импульсе колеблется в пределах 800 – 1000 HV, а при прямоугольном импульсе – от 700 до 900 HV. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что использование плавно спадающего импульса обеспечивает более твердую структуру поверхностного слоя и глубины закалённого слоя.



а – твердость при плавно спадающем импульсе; б – твердость при прямоугольном импульсе

Рисунок 16 - Распределение твердости по глубине упрочнения



а

б

а – твердость при плавно спадающем импульсе; б – твердость при
прямоугольном импульсе

Рисунок 17 – Распределение микротвердости по поверхности зоны
упрочнения

4 РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА РЕЗУЛЬТАТОВ

Как уже было отмечено ранее, поверхностное упрочнение стали является важным процессом в промышленности, позволяющим значительно улучшить механические свойства материала. Одним из ключевых аспектов этого процесса заключается в определении глубины упрочнения, которая определяет толщину слоя материала, получившего улучшенные свойства.

В рамках настоящего исследования были проведены дополнительные исследования, направленные на определение зависимости глубины упрочнения от амплитудно-временных параметров импульса. На основании полученных результатов влияния формы импульса дуги на характер оплавления стали была разработана автоматизированная система для расчета результатов глубины упрочнения материала.

Программа представляет собой инструмент, который позволяет пользователю указать желаемую глубину упрочнения материала и получить соответствующие параметры длительности и формы импульса. Основная концепция программы основана на линейной интерполяции, которая позволяет вычислить параметры импульса для промежуточных значений глубины упрочнения, основанных на известных данных для нескольких фиксированных глубин упрочнения.

4.1 Алгоритм работы программы

Программа работает следующим образом:

- пользователь указывает желаемую глубину упрочнения стали в качестве входного параметра;
- программа проверяет, доступны ли данные по упрочнению для выбранной глубины упрочнения;

- если данные доступны, программа использует линейную интерполяцию для вычисления параметров длительности и формы импульса на основе известных данных для ближайших доступных глубин упрочнения;
- рассчитанные параметры длительности и формы импульса выводятся пользователю.

Описание последовательности действий, осуществляемых в программе, и взаимосвязи между ними представлены в блок схеме, приложенной к данной работе (Приложение А).

4.2 Код программы

Для разработки автоматизированного расчета результатов был выбран язык программирования Python, который обладает широкими возможностями в области разработки GUI-приложений. Для создания графического интерфейса была использована библиотека Tkinter, которая является стандартным инструментом для создания GUI в python. Для проверки работоспособности программного инструмента было проведено тестирование, в ходе которого были использованы различные входные данные. Тестирование показало, что программный инструмент успешно выполняет расчет линейной интерполяции и показывает результаты приемлемой точности. Он также корректно обрабатывает ошибочный ввод пользователем и выводит соответствующие сообщения об ошибке.

Код программы, демонстрирующий реализацию описанной концепции представлен в приложении Б.

4.3 Графический интерфейс

Для обеспечения удобного взаимодействия с пользователем и визуализации результатов расчетов был разработан графический интерфейс программы. Окно приложения содержит виджеты, которые позволяют

пользователю вводить необходимые данные и получить соответствующие результаты расчетов.

Окно приложения состоит из следующих элементов (рисунок 18).

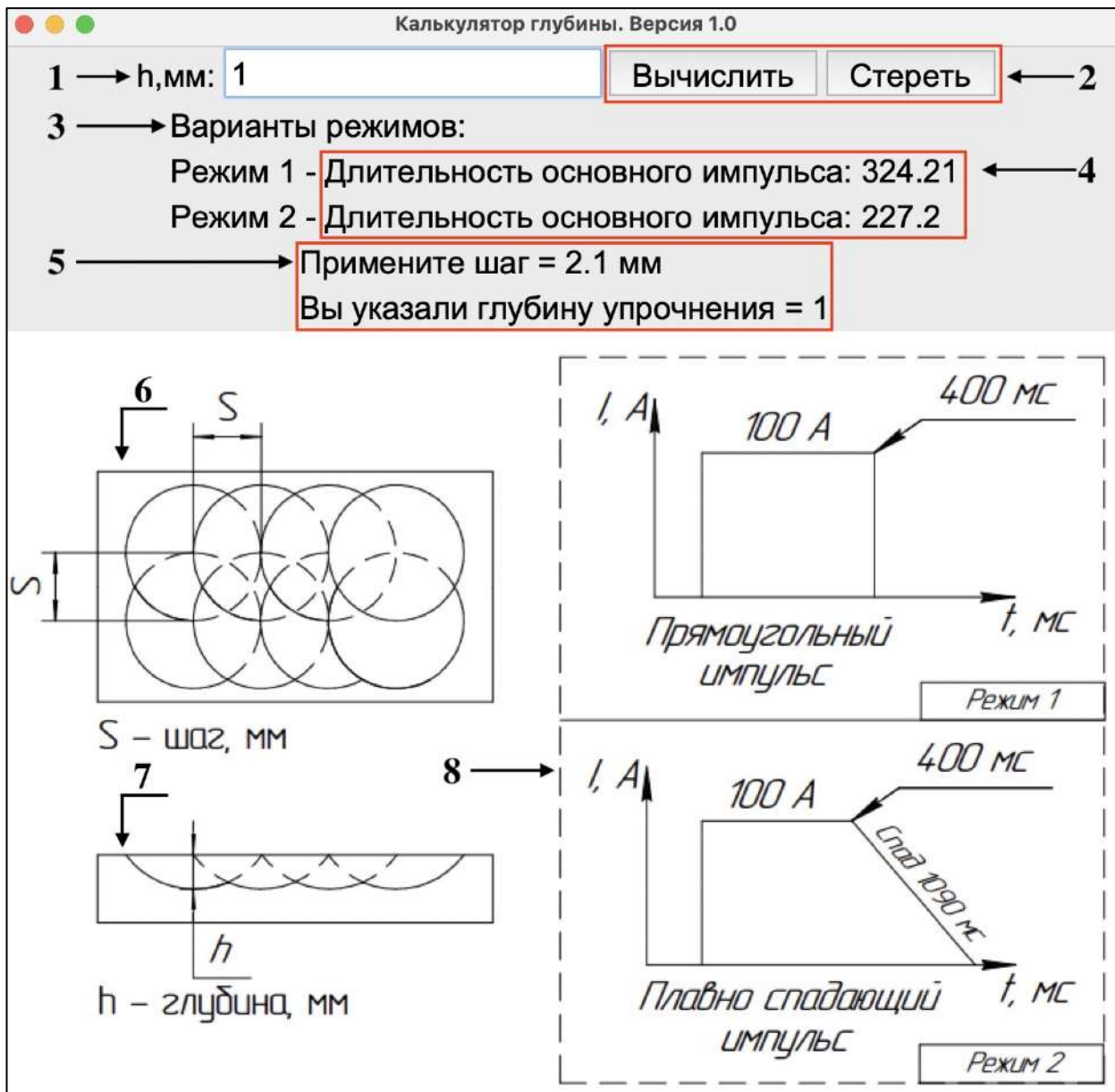


Рисунок 18 – Окно приложения

1. Перед полем ввода расположена метка «h, мм:», указывающая на необходимость ввода значения желаемой глубины упрочнения. А также само поле ввода, предназначенное для ввода значения глубины упрочнения.

2. Кнопка «Вычислить»: при нажатии на данную кнопку выполняется расчет результатов на основе введенных данных. Кнопка «Стереть»: при нажатии на данную кнопку происходит очистка поля ввода и результатов.

3. Метка «Варианты режимов»: отображает заголовок с результатами расчета режимов.

4. Метки «Режим 1 – Длительность основного импульса:» и «Режим 2 – Длительность основного импульса:» отображают значения основной длительности импульса для каждого режима, рассчитанные на основе введенных данных.

5. Метка «Примените шаг 2,1 мм» отображает рекомендацию по применению конкретного шага упрочнения. Эти данные необходимы для автоматического перемещения горелки. Метка «Примените шаг 2,1 мм» является рекомендацией по использованию конкретного. Шага упрочнения, специально предназначенного для обеспечения автоматического перемещения сварочной горелки.

6. В нижней части окна расположено изображение, визуализирующее применение шага упрочнения для автоматического передвижения горелки.

7. Дополнительно, пользователю предоставляется визуализация, которая наглядно отображает глубину упрочнения.

8. В правой части виджета расположена схема, которая наглядно демонстрирует режимы импульса и предоставляет информацию о форме импульса и его длительности тока.

На рисунке 19 изображен результат ввода данных и отображение результатов длительности основного импульса, а также рекомендации по применению шага упрочнения.

The image displays three sequential screenshots of a software application titled "Калькулятор глубины. Версия 1.0". Each screenshot shows a text input field for depth (h, мм), two buttons labeled "Вычислить" (Calculate) and "Стереть" (Clear), and a list of calculated values for two modes. The step size is consistently 2.1 mm.

Input (h, мм)	Mode 1 Duration	Mode 2 Duration
0.34	74.11	37.12
0.92	293.89	204.16
1.23	411.37	293.44

Рисунок 19 – Проверка ввода данных

Так же если введенное число не находится в заданном промежутке модуль messagebox из tkinter выводит информационное сообщение об ошибке (рисунок 20). Данный элемент создан для обратной связи с пользователем, предупреждающий о некорректном вводе данных.

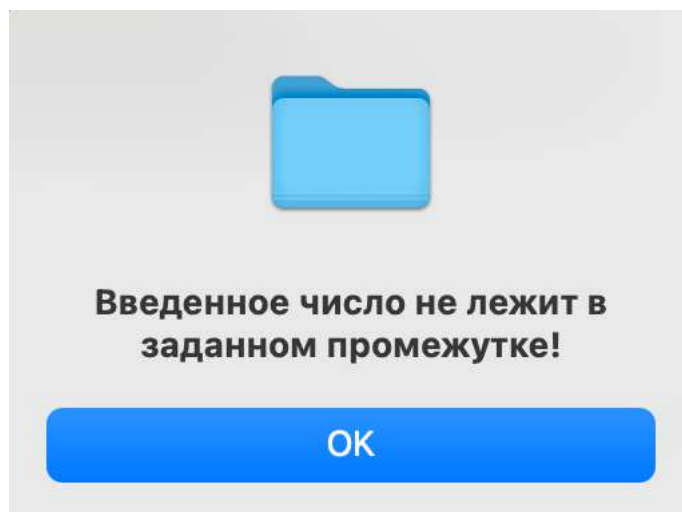


Рисунок 20 – Информационное сообщение об ошибке

4.4 Ограничения работы

Важно отметить, что данная работа сосредоточена на упрочнении стали 40Х и разработка системы расчета для этого конкретного материала. Результаты и выводы могут быть ограничены применением данной системы к другим типам сталей, которые имеют существенно различающиеся свойства. Дополнительные исследования и модификации системы могут потребоваться для расчета результатов упрочнения других материалов.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1В91	Назырову Ильстану Ринатовичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Материальные затраты 3986 руб. Затраты на спецоборудование 172776 руб. Основная заработная плата исполнителей НИ 195796 руб. Дополнительная заработная плата исполнителей тема 29369 руб. Отчисления во внебюджетные фонды 67550 руб. Накладные расходы 15409 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Районный коэффициент города Томска – 1,3
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Потенциальные потребители результатов исследования, анализ конкурентных технических решений, SWOT – анализ
2. Разработка устава научно-технического проекта	Цель и результат НТИ
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование работ, разработка диаграммы Ганта, формирование сметы затрат
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Матрица SWOT
5. График проведения и бюджет НТИ
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
7. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	09.02.2023
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Назыров Ильстан Ринатович		

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В разработке данного исследовательского проекта участвует группа из двух человек: руководитель и студент. В рамках выпускной квалифицированной работы исследуется возможность поверхностного упрочнения деталей и стали 40Х с помощью управления тепловым потоком.

Одной из целей раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательской работы, а также снижение затрат и повышение качества и эффективности. Важным аспектом является также определение возможных рисков и разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки НИ;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- рассчитать бюджет затрат на исследования;
- произвести оценку научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В качестве потенциальных потребителей результатов проведенного исследования «Исследование возможностей поверхностного упрочнения деталей и стали 40Х по средствам управления тепловым потоком» являются

предприятия, где проводится локальное упрочнение сталей, применяемых в различных отраслях промышленности.

Потребители результатов исследований являются такие категории потребителей как коммерческие организации.

Таблица 3 – Сегментирование рынка

		Сфера использования		
		Машиностроение	Инструментальное производство	Авиастроение
Классификация организации	Частные мелкие	-	+	-
	Частные крупные	+	+	+
	Государственные	+	+	+

Результат сегментирования рынка показывает, что для реализации продукции по разработанной технологии подойдет в большей степени классификация государственных и частных крупных организаций, а также частных малых в сфере инструментального производства.

Результаты сегментирования:

- основные сегменты: государственные и крупные частные организации, работающие в сферах авиастроения, машиностроения, инструментального производства;

- основные усилия по разработке данного способа поверхностного упрочнения будут направлены на частные организации, работающие в сфере машиностроения;

- в будущем разработка будет ориентироваться как на машиностроение, так и на инструментальное производство.

Примером предприятия потребителя является Госкорпорация «Ростех», ООО «КЗ Ростсельмаш».

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных решений позволяет оценить эффективность разработки и определить направления для ее улучшения в плане ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 1 (приложение В).

В таблице представлены основные конкуренты и критерии оценки конкурентной способности. Каждый показатель оценивается по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей определяется в соответствии с их значимостью и в сумме составляет единицу.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i , \quad (1.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

$$K_E = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 \\ = 4,4;$$

$$K_{II} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 \\ = 4,2;$$

$$K_{III} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 \\ = 4,2;$$

По таблице 4 видно, что технология поверхностного упрочнения стали импульсно-дуговым разрядом, может конкурировать с технологиями поверхностного упрочнения путем использования лазера и токов высокой частоты.

Качество микроструктуры после поверхностного упрочнения:

– B_E –защитный инертный газ предотвращает негативное влияние атмосферных газов на микроструктуру при импульсно-дуговом разряде;

– Би – упрочнение без оплавления поверхности – это исключает изменение шероховатости, при лазерной обработке возможно использование защитного газа, что в результате дает высокое качество поверхностного упрочнения;

– Бв – отсутствие окалины и высокая твердость закаленного слоя обеспечивают высокое качество и прочность изделий.

Производительность труда:

– Бв – упрочнение неплавящимся электродом обладает достаточно низкой производительностью, так как данная технология мало изучена, в дальнейшем изучении данного способа упрочнения автоматизировать процесс будет проще, чем лазерное упрочнение, так как защитный газ подается в зону упрочнения посредством горелки;

– Би – закалка ТВЧ производится очень быстро, это дает возможность увеличения производительности предприятия;

– Бв – способ упрочнения с использованием лазера позволяет увеличить скорость работы в 10-15 раз, по сравнению с традиционными методами поверхностного упрочнения, что увеличивает эффективность и скорость работы данного способа.

Нетребовательность к квалификации персонала:

– Бв – выполнять рабочий процесс по поверхностному упрочнению неплавящимся электродом в импульсном режиме с защитным газом, может каждый человек, прошедший инструктаж по технике безопасности;

– Би – выполнять рабочий процесс с использованием технологии ТВЧ может человек, прошедший должное обучение;

– Бв – для работы с лазерным упрочнением необходимы квалифицированные операторы, которые могут составлять программы для числового программного управления.

Универсальность метода:

– Б_Е – упрочнение данным методом является наиболее универсальным по сравнению с другими двумя рассматриваемыми. Мобильность сварочной установки позволяет легко перемещать горелку и производить импульс в любых пространственных положениях без особых проблем;

– Б_И – проблема данного метода, заключается в ограничении размеров, форм деталей и сварных заготовок из-за конструктивных особенностей сварочного оборудования;

– Б_В – проблема в универсальности лазерного упрочнения заключается в эффекте отражения лазера от поверхности стали. Особенно этот эффект проявляется при упрочнении нержавеющей сталей.

Безопасность метода: методы импульсно-дугового разряда и ТВЧ могут быть небезопасными для рабочего персонала из-за электрических и магнитных полей, а также электромагнитного излучения. Лазерная обработка может быть опасна из-за возможности отражения луча на человека.

Цена: комплектующие для импульсной аргодуговой установки и оборудования для метода ТВЧ дешевле, чем для лазерной технологии. Лазерная установка является одной из наиболее дорогих видов в области поверхностного упрочнения.

Конкурентоспособность: поверхностное упрочнение стали неплавящимся электродом в импульсном режиме является конкурентоспособной технологией, в отличие от двух других рассматриваемых способов данный метод является более дешевым, простым в использовании, для работы на установке не требуются квалифицированные сотрудники.

Предполагаемый срок эксплуатации: главное отличие исследуемого метода в эксплуатации, это заточка или замена электродов, используемых для поверхностного упрочнения. Данный недостаток не свойственен другим рассматриваемым способам.

Экономическая эффективность заключается в том, что изучаемый способ упрочнения позволяет экономить на квалификации сварщиков, стоимости оборудования при этом получая высокое качество поверхностного упрочнения.

5.1.3 SWOT-анализ

Произведем также в данном разделе SWOT – анализ НИ, позволяющий оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок.

На первом этапе SWOT анализа в таблице 5 были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации НИ.

Таблица 5 – Матрица SWOT – анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1. Возможность автоматизации данных методов; С2. Экономичность и ресурсоэффективность в разработке рассматриваемых технологий; С3. Востребованность и высокая технологичность методов; С4. Разработка технологии с опытным руководителем; С5. Нетребовательность к квалификации рабочего.	В1. Большой потенциал применения метода в России и других странах; В2. Публикации о проекте в тематических журналах; В3. Нетребовательность к квалификации сотрудника позволяет легче приспособить данный метод к использованию в других странах.
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Сложность оборудования для проведения экспериментов; Сл2. Отсутствие производства по данной технологии.	У1. Отсутствие спроса на данные методы; У2. Внедрение в производство конкурирующих способов упрочнения; У3. Нехватка финансирования.

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надёжность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 6,7.

Таблица 6 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

Возможности проекта	Сильные стороны					Слабые стороны	
		C1	C2	C3	C4	C5	Сл1
B1	+	+	+	+	+	-	+
B2	+	+	+	+	-	+	0
B3	-	-	+	-	+	-	-

Таблица 7 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и угроз

Угрозы проекта	Сильные стороны					Слабые стороны	
		C1	C2	C3	C4	C5	Сл1
У1	+	+	+	-	+	+	-
У2	+	+	+	-	+	+	-
У3	+	+	+	-	-	-	-

Самой большой угрозой для разработки технологии является отсутствие финансовой поддержки из-за сложности сварочного оборудования.

Что касается слабых сторон, то оборудование для данного способа упрочнения отсутствуют в производстве.

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT – анализа, представленная в таблице 2 (приложение В).

5.2 Планирование работ по научно-техническому исследованию

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным работ приведен в таблице 3 (приложение В).

Таким образом, выделили основные этапы работ и их содержание, а также исполнителей, выполняющих данные работы.

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, который зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожi}$ используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{минi} + 2t_{маxi}}{5}, \quad (1.2)$$

где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{минi}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{маxi}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (1.3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным представлением проведения научных работ является построение ленточного графика в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Календарный план-график проведения научного исследования представлен в таблице 4 (приложение В).

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (1.4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (1.5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Расчет коэффициента календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})} = \frac{365}{365 - (118 + 14)} = 1,56; \quad (1.6)$$

Временные показатели проведения научного исследования приведены в таблице 5 (приложение В).

5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- амортизационные отчисления;
- заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета научно-техническое исследование должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Материальные затраты представлены в таблице 6 (приложение В)

Общие материальные затраты текущего проекта составили 3986 руб.

5.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Амортизационные отчисления включают в себя денежные средства, предназначенные для возмещения износа оборудования. Так как оборудование было приобретено до начала выполнения работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудование учитываем только рабочие дни на написание ВКР. В таблице 7 (приложение В) представлены приспособления, которые понадобятся для написания, а также воспроизведения процесса упрочнения по написанной технологии.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (1.7)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot И}{12} \times m, \quad (1.8)$$

где $И$ – итоговая сумма, тыс. руб.:

m – время использования, мес.

Для вычисления амортизационных отчислений за период написания выпускной квалифицированной работы, требуется умножить полученные данные за ежемесячные амортизационные отчисления на 5 месяцев, отведенных на написание работы. Так же при приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. В таблице 8 (приложение В) представлен расчет амортизации по формуле (1.7) и (1.8).

Итоговая сумма на приобретение спецоборудования для научных работ с учетом доставки и монтажа составила 172776 руб.

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Затраты на заработную плату включают в себя основную дополнительную заработные платы, а также отчисления от заработной платы.

Заработная плата научного руководителя и студента включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} \cdot З_{доп}, \quad (1.9)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (15% от $З_{осн}$)

Основная заработная плата ($З_{осн}$) научного руководителя и студента рассчитана по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (1.10)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. Дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (1.11)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. Дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. Дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. Дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (1.12)$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент;

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 для г. Томска.

Принимаем заработную плату по тарифной ставке инженера-исследователя равной 14173 руб., и тарифную ставку ведущего научного сотрудника со степенью кандидата технических наук равной 28338 руб.

Месячный должностной оклад руководителя ВКР, руб.:

$$Z_m = 28338 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 1,3 = 58943 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад инженера, руб.:

$$Z_m = 14173 \cdot (1 + 0 + 0) \cdot 1,3 = 18424 \text{ руб}$$

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	118	118
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	0	7
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	192

Среднедневная заработная плата руководителя ВКР, руб.:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{58943 \cdot 10,4}{199} = 3080 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата инженера, руб.:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{18424 \cdot 10,4}{192} = 998 \text{ руб}$$

Рассчитаем рабочее время по таблице 10:

- руководитель: $T_p = 37$ раб. Дней
- студент: $T_p = 82$ раб. Дней

Основная заработная плата научного руководителя составила, руб.:

$$Z_{\text{осн}} = 3080 \cdot 37 = 113960 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата инженера составила, руб.:

$$Z_{\text{осн}} = 998 \cdot 82 = 81836 \text{ руб.}$$

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы научного руководителя и инженера

Исполнители	$Z_{\text{те}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб. Дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Научный руководитель	28338	0,3	0,3	1,3	58943	3080	37	113960
Студент	14173	0,3	0,3	1,3	18424	998	82	81836
Итого $Z_{\text{осн}}$, руб.								195796

5.3.4 Расчет дополнительной заработной платы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (1.13)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принимается равным 0,15;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Дополнительная заработная плата научного руководителя составила, руб.:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 113960 = 17094 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата инженера составила, руб.:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 81836 = 12275 \text{ руб.}$$

5.3.5 Отчисления на внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (1.14)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 16.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	Итого, руб.
Руководитель проекта	113960	17094	0,3	39316
Инженер	81836	12275		28233
Итого				67550

5.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице 17.

Величина накладных расходов определяется по формуле 15:

$$Z_{\text{накл}} = \left(\sum \text{статей} \div 5 \right) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (1.15)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таблица 18 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Материальные затраты	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления во внебюджетные фонды	Итого без накладных расходов
172776	4162	195796	29369	67550	469653

Затраты по статьям представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Бюджет затрат проекта

№ п/п	Наименование статьи	Сумма, руб.
1	Материальные затраты	3986
2	Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ)	172776
3	Затраты по основной заработной плате	195796
4	Затраты по дополнительной заработной плате	29369
5	Отчисления во внебюджетные фонды	67550
6	Накладные расходы	15409
Бюджет затрат проекта: 484 886 руб.		

Себестоимость проекта составляет 484886 руб. Основные затраты приходятся на заработную плату исполнителей.

5.4 Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (1.16)$$

где $I_{\text{фин.р}}^{\text{исп}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Рассчитаем интегральный показатель для трех вариантов по формуле 1.16:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{текущ.проект}} = \frac{484886}{600000} = 0,8;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп}1} = \frac{540562}{600000} = 0,9;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп}2} = \frac{600000}{600000} = 1;$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (1.17)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы (таблица 20).

Таблица – 20 Оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Трудоемкость изготовления	0,1	4	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,2	5	5	4
3. Универсальность	0,2	5	3	3
4. Надежность	0,2	4	4	4
5. Материалоемкость	0,15	4	5	5
6. Энергосбережение	0,15	4	4	4
Итого	1	4,4	4,25	4,05

По данным из таблицы 20 определяется интегральный показатели ресурсоэффективности для текущего проекта:

$$I_{p\text{-текущ.проект}} = 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,4;$$

По данным из таблицы 20 определяется интегральный показатели ресурсоэффективности для первого конкурентного проекта:

$$I_{p\text{-исп1}} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,25;$$

По данным из таблицы 20 определяется интегральный показатели ресурсоэффективности для второго конкурентного проекта:

$$I_{p-исп2} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,05;$$

В результате расчетов интегральных показателей ресурсоэффективности по трем вариантам разработки текущий проект является более приемлемым с точки зрения ресурсной эффективности.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-текущ.проект}}{I_{фин.р}} = \frac{4,4}{0,8} = 5,5;$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}} = \frac{4,25}{0,9} = 4,72;$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}} = \frac{4,05}{1} = 4,05.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных по формуле 1.18:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}}, \quad (1.18)$$

Таблица – 21 Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Текущий проект	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный финансовый показатель разработки	0,8	0,9	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	4,25	4,05
Интегральный показатель эффективности	5,5	4,72	4,05
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,125	1,11	0,9

Как видно из расчетов, использование данной разработки является наиболее оптимальным и целесообразным решением.

Заключение по разделу

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» проведена оценка перспективности научно-исследовательской работы, определены потенциальные потребители и конкуренты технических решений. В качестве потребителей выступают государственные и крупные частные организации, работающие в сферах авиастроения, машиностроения и инструментального производства. При SWOT-анализе была выявлена основная угроза – отсутствие финансовой поддержки из-за сложности сварочного оборудования.

Были подсчитаны затраты на разработку, которые составили 485062 рублей. Основная статья расходов – заработная плата исполнителей (195796 рублей), на втором месте – затраты на спецоборудование (172776 рублей).

Также была проведена оценка экономической эффективности разработки, которая по сравнительному показателю превосходит аналогичные технологии за счет меньшей стоимости.

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
1В91	Назырову Ильстану Ринатовичу

Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ООП/ОПОП	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Объект исследования: исследование возможностей поверхностного упрочнения деталей и стали 40Х по средствам управления тепловым потоком.
Область применения: машиностроение
Рабочая зона: лаборатория
Размеры помещения: 12×12 м.
Количество и наименование оборудования рабочей зоны: компьютер, экспериментальная сварочная установка, источник питания, осциллограф, амперметр, вольтметр.
Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: рассматривается возможность использования тепла электрической дуги для снижения затрат и увеличения качества и эффективности поверхностного упрочнения пар трения из стали 40Х.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

- 5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:**
- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
 - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 19.12.2022)
 ГОСТ 22902-78. Система «человек-машина». Отсчетные устройства индикаторов визуальных. Общие эргономические требования.
 ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).
 СП 2.2.3670-20. Гигиенические

	<p>требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы: 1. Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания; 2. Повышенный уровень вибрации; 3. Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения; 4. Неионизирующие излучения, такие как: инфракрасное, ультрафиолетовое излучение; 5. Химическое воздействие на организм работающего человека; 6. Монотонность труда 7. Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении работающего;</p> <p>Опасные факторы: 8. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов; 9. Чрезмерно высокая или низкая температура материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека; 10. Электрический ток; 11. Электромагнитные поля, неионизирующие ткани тела человека.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: защитные очки, защитная маска сварщика, перчатки, респиратор, средства защиты органов слуха (затычки, беруши), защитная обувь, защитная одежда (накидки, халаты).</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: низкая степень негативного воздействия на среду обитания (IV класс предприятия).</p>

	<p>Ориентировочный размер санитарно-защитной зоны 100 м.</p> <p>Воздействие на литосферу: твёрдые отходы (огарки вольфрамового электрода, абразивные материалы, офисная бумага и т.д.);</p> <p>Воздействие на гидросферу: жидкие отходы (технические масла);</p> <p>Воздействие на атмосферу: газообразные отходы (защитный газ-аргон, пыль, аэрозоли металлов и их окислы и т.д.)</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:</p>	<p>Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнения, природные пожары, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Техногенные аварии (аварии на коммунально-энергетических сетях, пожары (взрывы) и обрушения крыш зданий).</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожары и взрывы (с возможным последующим горением): в зданиях и сооружениях жилого назначения, промышленных объектах, электростанциях.</p>

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	09.02.2023
---	------------

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В91	Назыров Ильстан Ринатович		

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение по разделу

Сущность научно-исследовательской работы заключается в выявлении возможностей поверхностного упрочнения деталей и сталей по средствам управления тепловым потоком. После поверхностного упрочнения стали, проводятся исследования, в которых рассматривается влияние импульсно-дугового разряда на микроструктуру металла. Область применения распространяется на такие отрасли промышленности, как машиностроительная, приборостроительная, химическая отрасль. Исследование проводилось в 16А корпусе ТПУ. Описание рабочей зоны: примерные размеры помещения 12·12, два стола, стул.

Для выполнения основного процесса данной работы, использовалась исследовательская установка, которая включает в себя: сварочный аппарат, осциллятор, источник питания, конденсаторные батареи, горелка, микроконтроллер, сварочный шланг для подачи газа. Так же для полноты эксперимента в работе эксплуатировались следующие устройства: осциллограф, датчик напряжения, датчик тока, баллон с аргоном, видеокамера, станок для заточки электродов.

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: рассматривается возможность использования тепла электрической дуги для снижения затрат и увеличения качества и эффективности поверхностного упрочнения пар трения из стали 40Х.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197-ФЗ каждый работник имеет право, представленные ниже:

- обязательное социальное страхование в соответствии с законодательством, а также на справедливые условия труда, включая безопасность и гигиену;
- работодатель обязан предоставлять информацию о условиях труда и требованиях охраны труда, обеспечивать необходимым оборудованием и инструментами, а также индивидуальной и коллективной защитой;
- работник имеет право отказаться от работы при опасности для жизни и здоровья, а также от работ с вредными условиями, не предусмотренными договором;
- предварительные и внеочередные медицинские осмотры в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;
- руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение техники безопасности в помещении.

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Требования к технологическим процессам, а также правила размещения оборудования для сварки и организации рабочих мест – в соответствии с ГОСТ 12.3.003-86 [19]:

- помещения должны быть оборудованы общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией;
- рабочие места, где проводятся сварочные работы, должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями;
- ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м;

- размещение постов аргодуговой сварки должно исключать возможность утечки и проникновения защитного газа в смежные и расположенные ниже помещения;
- ширина проходов между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также стационарными многопостовыми источниками питания, должна быть не менее 1,5 м;
- при выполнении сварочных работ в одном помещении с другими работами должны быть приняты меры, исключающие возможность воздействия опасных и вредных производственных факторов на работающих;
- рабочие сварочных профессий должны быть обеспечены спецодеждой и другими средствами индивидуальной защиты.

6.2 Производственная безопасность

Основной задачей безопасности труда является снижение или исключение воздействия на сотрудников опасных и вредных производственных факторов, путем мероприятий организационно-технического характера. В таблице 9 (приложение В) приведены опасные и вредные факторы при эксплуатации процесса сварочного процесса.

6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

6.3.1 Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания

Электродуговые сварочные процессы вызывают интенсивное тепловыделение, пылевыведение и газообразные выбросы, которые загрязняют помещения токсичной мелкодисперсной пылью и вредными газами, отрицательно влияющими на здоровье работающих. При сварке сталей основными компонентами пыли являются окислы железа, марганца и кремния. Эти вредные вещества могут вызывать профзаболевания и поражения нервной системы, легких, печени и крови. Некоторые газы, выделяющиеся при сварке, такие как окислы азота и оксид углерода, могут вызывать серьезные проблемы со здоровьем. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 [20] предельно допустимые

концентрации оксида азота составляют 5 мг/м³. При длительности работы в атмосфере, содержащей оксид углерода, не более 1 ч, ПДК оксида углерода может быть повышена до 50 мг/м³, при длительности работы не более 30 мин – до 100 мг/м³, при длительности работы не более 15 мин – 200 мг/м³.

Однако, применение вентиляции, средств индивидуальной защиты и комплекса мероприятий организационно-технологического характера может снизить концентрации вредных веществ до предельно допустимых уровней и улучшить условия труда в сварочных помещениях.

6.3.2 Повышенный уровень вибрации

Согласно СанПин 1.2.3685-21 [21], основной источник вибрации при работе - электросварочное оборудование. Вибрация может вызывать головокружения, расстройство координации движений, укачивание, вегетативную неустойчивость, нарушения зрительной функции, снижение чувствительности и другие проблемы со здоровьем. Колебания высоких частот могут вызывать спазм сосудов и привести к хронической недостаточности мозгового кровообращения. ПДК и уровни производственной вибрации представлены в таблице 10 (приложение В).

Использование механизированного инструмента также вызывает вибрацию. Для снижения влияния вибрации можно применять несколько способов: уменьшать или ликвидировать вынуждающие силы, использовать индивидуальные средства защиты (например, перчатки, рукавицы, защитную обувь), разрабатывать опорные узлы для вибрационного оборудования и изменять конструктивные элементы машин и строительных конструкций.

6.3.3 Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения

Естественный свет благотворно влияет на организм человека, имеет высокую гигиеническую и биологическую ценность. Недостаток естественного освещения или его отсутствие может приводить к следующим

проблемам: нарушение циркадных ритмов, понижение работоспособности, проблемы со зрением. Коэффициент естественного освещения при высокой точности зрительной работы должен быть равен 1%, согласно СП 52.13330.2016 [22]. Для обеспечения естественного света в помещении можно применять следующие меры: установка больших перегородок из стекла или размещение окон в определенных местах; использование светоотражающих материалов, которые могут отражать свет из окон в более темные места.

6.3.4 Неионизирующие излучения, такие как: инфракрасное, ультрафиолетовое излучение

Сварочная дуга излучает ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение. Ультрафиолетовые волны негативно влияют на зрение, вызывая токсическую реакцию в роговице и могут привести к катаракте и меланоме. Видимое излучение вызывает воспаление сосудов глаз и патологии сетчатки. Инфракрасное излучение нагревает хрусталик и может привести к катаракте.

При работе со сваркой необходимо использовать щитки сварщика со светофильтрами для защиты зрения, согласно ГОСТ ISO 4007-2016 [23].

6.3.5 Химическое воздействие на организм работающего человека

Специальные химические средства при сварке облегчают работу, повышают качество и увеличивают срок службы оборудования. При механической обработке стали могут попадать на поверхность частицы, искры, масла и смазки, что делает деталь более восприимчивой к коррозии. Следствием действия вредных веществ на организм могут быть профессиональные заболевания, обострение уже имеющихся хронических заболеваний, общее снижение иммунитета. Согласно ГОСТ 9.307-89 [24], содержание ЛОС в обезжиривателях поверхности металла не должно превышать 500 г/л. Использование химических веществ требует защиты для организма человека - перчатки, обувь, респиратор, вытяжное устройство и защитная одежда.

6.3.5 Монотонность труда

Работа на установке, обработка результатов и составление данных являются монотонным процессом. Монотонность труда может привести к возникновению неприятных ощущений у работников, таких как снижение уровня бодрствования, снижение тонуса скелетной мускулатуры, снижение тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы (снижение частоты пульса и артериального давления, увеличение аритмии пульса и др.), согласно СанПиН 1.2.3685-21 [21].

Работа по исследованию относится к классу вредных напряженных условий труда 1 степени. Меры по устранению и/или предупреждению перечисленных факторов в соответствии МР 2.2.9.2311 – 07 [25]: рекомендации предполагают введение частых (через 60 – 120 мин.), но коротких (5 – 10 мин.) регламентированных перерывов при факторе монотонии. Полезным является введение физической активности (гимнастика) продолжительностью 7 – 10 минут в начале смены, а также физкультурных пауз один-два раза за рабочую смену.

6.3.6 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов

Важную роль имеет внедрение автоматизированных установок, что значительно уменьшает опасность травм механического характера. Основные причины травматизма при разработке при сборке и сварке: неисправные инструменты и оборудование, несоблюдение техники безопасности, отсутствие спецодежды, а также защиты глаз, лица.

Меры безопасности: контроль инструментов и оборудования на исправность; проверка рабочих на знание и соблюдение техники безопасности; регулярное наблюдение за внешним видом рабочих (спецодежда и средства защиты открытых участков тела должны быть у каждого рабочего). Также необходимо вывешивать таблички\плакаты в

местах, где рабочие наиболее подвержены травматизму, которые будут напоминать о применении средств индивидуальной защиты, согласно ГОСТ Р 56906-2016 [26].

6.3.7 Чрезмерно высокая или низкая температура материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека

Образующиеся при дуговой сварке брызги расплавленного металла имеют температуру до 1800°C, при которой одежда из любой ткани разрушается. Для защиты от таких брызг обычно используют спецодежду (брюки, куртку и рукавицы) из брезентовой или специальной ткани. Куртки при работе не следует вправлять в брюки, а обувь должна иметь гладкий верх, чтобы брызги расплавленного металла не попадали внутрь одежды, так как в этом случае возможны тяжелые ожоги.

Для защиты от соприкосновения с влажной, холодной землей и снегом, а также с холодным металлом при наружных работах и в помещении сварщика должны обеспечиваться теплыми подстилками, матами, подколенниками и подлокотниками из огнестойких материалов с эластичной прослойкой [27].

6.3.8 Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении работающего

Для корректировки микроклимата в производственном помещении необходимо измерить его состояние с помощью установленных показателей, таких как температура воздуха, поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха и интенсивность теплового оборудования. Недостаточная или повышенная влажность может негативно сказаться на организме, а пониженные или повышенные показатели температуры могут привести к гипотермии или гипертермии.

Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах в помещениях [21] представлены в таблице 11 (приложение В)

6.3.9 Электрический ток

При сварке плавлением используют источники тока с напряжением холостого хода $U_{xx} = 45 - 80$ В, при постоянном токе $U_{xx} = 55 - 75$ В при переменном токе. Поэтому источником возникновения данного опасного фактора является источник питания сварочной дуги.

Наиболее типичные травмы, в результате воздействия на человека данного фактора является поражение электрическим током.

Меры безопасности: надежная изоляция всех проводов, связанных со сварочным аппаратом, надежная сварочная горелка, заземление корпусов сварочных аппаратов. Заземлению подлежат: корпуса источников питания, вспомогательное электрическое оборудование. Работа в исправной сухой спецодежде, в сварочной маске и рукавицах. При работе в замкнутых пространствах необходимо использовать резиновые галоши и коврики, а также источники освещения с напряжением не выше 6-12 В. Самое главное - проведение инструктажа и соблюдение рабочими техники безопасности [28].

6.3.10 Электромагнитные поля, неионизирующие ткани тела человека

Электромагнитные излучения могут негативно влиять на здоровье человека. При долгом пребывании в зоне действия этих полей возможны утомляемость, нарушение сна, головные боли, нервно-психические заболевания и другие проблемы. При сварке есть несколько источников электромагнитных полей, которые могут быть вредными для сварщика: процессы в источнике питания электрической дуги сварочным током, процессы в устройствах для возбуждения или поддержания устойчивости сварочной дуги (осцилляторов и генераторов импульсов) [29].

Для защиты необходимо использовать защитный костюм и экранировать источник питания сварочной дуги.

6.4 Экологическая безопасность

Производственное помещение находится на объекте IV категории с низкой степенью негативного воздействия на среду. Разработка решения по поверхностному упрочнению микроструктуры стали может привести к появлению трех типов отходов: твердых (огарки вольфрамового электрода, абразивные материалы, макулатура, средства защиты), жидких (бытовые отходы и продукты жизнедеятельности персонала, техническое масло) и газообразных (аргон, пыль, аэрозоли металлов и их окислы). Согласно ГОСТ 17.0.0.01-76 [30], твердые промышленные и бытовые отходы должны быть утилизированы путем переработки во вторичном сырье. На производстве используются контейнеры для разделения металлических отходов и бытового мусора, а офисная бумага сдаётся в пункты приема макулатуры. Газообразные отходы очищаются в фильтровентиляционных системах перед выбросом в атмосферу. Каждый сварочный пост оборудован вытяжкой с фильтрами для улавливания аэрозолей и пыли. Величины нормативов аэрозолей не должны превышать 10 мг/м^3 . Жидкие отходы сбрасываются в городскую канализацию и очищаются на городских очистных сооружениях для защиты гидросферы, предельно допустимый коэффициент технического масла равен $0,05 \text{ мг/м}^3$. Макулатура также сдаётся в пункты приёма.

6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Во время сварочных работ возможны пожар и взрыв, вызванные коротким замыканием, расплавленным металлом, искрами при резке и другими источниками огня. Чтобы избежать этого, нужно соблюдать требования пожарной безопасности: выключать электрооборудование, следить за чистотой и отсутствием горючих материалов на рабочем месте, защищать сгораемые конструкции и соблюдать правила эксплуатации электрооборудования.

В случае аварии нужно прекратить работу, отключить электрооборудование и сообщить о пожаре ответственному сотруднику и

пожарной службе по телефону «01» или «101», указав адрес и место возникновения пожара, оповестить окружающих и при необходимости вывести людей из опасной зоны. Ликвидировать пожар можно, используя первичные средства пожаротушения.

Места проведения сварочных работ должны быть обеспечены средствами первичного пожаротушения, такими как огнетушители порошковые ОП-3(З) и углекислотные ОУ-1. Сварочные посты относятся к категории «Г», поэтому на данном участке должно быть не менее двух переносных огнетушителей, расположенных на видных местах на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Вывод по разделу

Значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам, которые также были затронуты в данном разделе.

Категория производственного помещения по электробезопасности соответствует второму классу – «помещения с повышенной опасностью».

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал должен обладать II группой допуска по электробезопасности. Присвоение II группы по электробезопасности производится путем обучения в учебном центре по программе не менее 72 часов. Подготовка может проводиться на предприятии силами своих специалистов и должна проходить не менее 20 часов. В присутствии сотрудника II группы могут работать сотрудники I группы.

Категория тяжести труда в производственном помещении определяется согласно СанПин 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [21] относится к категории Пб (работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением) – физические работы средней тяжести.

Согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [31] производственное помещение имеет категорию группы Г, возможный класс пожара Е. Вещества и материалы, находящиеся в помещении: негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива, электрооборудование, установки под напряжением.

Промышленное предприятие, в котором находится производственное помещение, относится к объектам IV категории, оказывающих низкую степень негативного воздействия на среду обитания. Ориентировочный размер санитарно-защитной зоны 100 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выпускной квалификационной работы было проведено экспериментальное исследование, направленное на анализ влияния формы импульса дуги на характер оплавления стали. Полученные результаты указывают на то, что при использовании плавно спадающего импульса наблюдается увеличение глубины упрочнения на 30% по сравнению с прямоугольной формой импульса. Кроме того, значение микротвердости стали 40X повышаются на 10%, при использовании плавно спадающего импульса. Основываясь на полученных данных, была разработана программа, способная автоматизировано рассчитывать результаты поверхностного упрочнения стали 40X. В результате тестирования было показано, что разработанный программный инструмент успешно выполняет расчеты и демонстрирует результаты приемлемой точности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Углеродная сталь: сайт. – URL: <https://www.elecmet.ru/spravochnik/stal/uglerod.html#:~:text=Конструкционной%20углеродистой%20сталью%20называется%20сталь,изготовления%20деталей%20машин%20и%20конструкций> (дата обращения: 02.04.2023). – Текст : электронный.
2. ГОСТ 4543-2016.Metalлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия: дата введения 2017-10-01. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293748/4293748469.pdf> (дата обращения 02.04.2023). – Текст : электронный.
3. ГОСТ 1050-2013. Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия: дата введения 2015-01-01. – URL: https://barnayl.23met.ru/gost_files/gost10502013.pdf?ysclid=lh05y564dm8421729 (дата обращения 04.04.2023). – Текст : электронный.
4. ГОСТ 19281-2014. Прокат повышенной прочности. Общие технические условия: дата введения 2015-01-01. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293768/4293768277.htm>. (дата обращения 05.04.2023). – Текст : электронный.
5. Сравнительный анализ высокоэнергетических методов поверхностного упрочнения стали / А. Ю. Горянников., А. А. Барышников. — Текст : электронный // Молодой ученый. — 2021. — № 19 (361). — С. 45-49. — URL: <https://moluch.ru/archive/361/80816/> (дата обращения: 05.04.2023).
6. Электронно-лучевая обработка: сайт. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электронно-лучевая_обработка (дата обращения: 06.04.2023). – Текст : электронный.
7. Электронно-лучевая сварка: сайт. – URL: <https://kompaswork.ru/stati/12-stati/51-elektronno-luchevaya-svarka.html#vk> (дата обращения: 06.04.2023). – Текст: электронный.

8. Тятюшкина, М. Г. Исследование триботехнических свойств покрытий, сформированных методом электроискровой обработки: дис. ... маг. / Тятюшкина Марина Григорьевна; Национальный исследовательский мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. - Саранск, 2019. - 100 с.
9. Коротков, В.А. Поверхностная плазменная закалка. - Нижний Тагил: НТИ (филиал)УрФУ, 2012. - 64 с. - ISBN 978-5-9544-0060-1.
10. Григорьянц А.Г., Сафонов А.Н. Методы поверхностной лазерной обработки: учебное пособие для вузов. - 3-е изд. - М.; Берлин: Директ-Медиа, 2021. - 190 с. - ISBN 978-5-4499-2062-1.
11. Зенин, Б.С. Современные технологии поверхностного упрочнения и нанесения покрытий / Б.С. Зенин, А.И. Слосман - 2-е изд. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. - 119 с.: ил. – Библиогр.: с.118.
12. portal.tpu.ru: официальный сайт. – URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VALUEV/Ychrab/UMKD/Tab1/Lekcia9.pdf> (дата обращения: 02.05.2023). – Текст: электронный.
13. cyberleninka.ru: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2012. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-optimalnyh-rezhimov-lazernogo-uprochneniya-poverhnosti-detaley-vysokoskorostnyh-mehanizmov-tkatskogo-oborudovaniya/viewer> (дата обращения: 02.05.2023). – Режим доступа: свободный. Текст: электронный.
14. Лазерная закалка металла: Современная технология обработки поверхности для улучшения характеристик деталей : сайт – URL: <https://laserstore.ru/blog/lazernaya-zakalka-metalla/> (дата обращения: 06.05.2023). – Текст : электронный.
15. Упрочнение металлических поверхностей электрической дугой / А. Е. Михеев, А. В. Гирн, С. С. Ивасев, Р. В. Карпов. – Текст : электронный // Сибирский аэрокосмический журнал. – 2005. – №3. – С. 220-223. – URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/uprochnenie-metallicheskih-poverhnostey-elektricheskoy-dugoy> (дата обращения: 07.05.2023).

16. Электродуговое упрочнение титановых сплавов А. Е. Михеев, А. В. Гирн, С. С. Ивасев, В. И. Кудымов. – Текст : электронный // Сибирский аэрокосмический журнал. – 2011. – №5(38). – С. 138-140. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektrodugovoe-uprochnenie-titanovyh-splavov> (дата обращения: 09.05.2023).

17. Марки стали с расшифровкой, заменители, аналоги, стандарты, свариваемость, применение, таблицы: сайт – URL: https://www.moshimstal.ru/marki_stali.html (дата обращения: 10.05.2023). – Текст : электронный.

18. ГОСТ ISO 6848-2020. Дуговая сварка и резка. Электроды неплавящиеся вольфрамовые. Классификация: дата введения 2020-12-01. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293720/4293720168.pdf> (дата обращения 11.05.2023). – Текст : электронный.

19. ГОСТ 12.3.003-86. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности: дата введения 1988-01-01. – URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/c05/4294849563.pdf> (дата обращения 15.03.2023). – Текст : электронный.

20. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: дата введения 1989-01-01. – URL: <https://ekan.ru/sites/docs/GOST-12-1-005-88.pdf> (дата обращения 15.03.2023). – Текст : электронный.

21. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: дата введения 2021-28-01. – URL: <http://mdou62nn.ru/assets/files/2021/санпин-1.2.3685-21.pdf> (дата обращения 16.03.2023). – Текст : электронный.

22. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение: дата введения 2017-08-05. – URL:

https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPEIO_07.11.2016_777.pdf

(дата обращения 17.03.2023). – Текст : электронный.

23. ГОСТ ISO 4007-2016. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты глаз и лица. Словарь: дата введения 2018-01-01. – URL: https://standartgost.ru/g/ГОСТ_ISO_4007-2016 (дата обращения 18.03.2023). – Текст : электронный.

24. ГОСТ 9.307-89. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля: дата введения 1990-07-01. – URL: https://nastil96.ru/media/files/documentation/gost_9.307-89.pdf (дата обращения 19.03.2023). – Текст : электронный.

25. МР 2.2.9.2311-07. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности: дата введения 2008-03-18. – URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/135/4293830643.pdf> (дата обращения 19.03.2023). – Текст : электронный.

26. ГОСТ Р 56906-2016. Бережливое производство. Организация рабочего пространства (5S): дата введения 2016-10-01. – URL: <https://igra-rb18.ru/DOC/GOST%20P%2056906-2016.pdf> (дата обращения 20.03.2023). – Текст : электронный.

27. ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей: дата введения 2000-07-01. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/185/18545.pdf> (дата обращения 22.03.2023). – Текст : электронный.

28. ГОСТ Р 58698-2019 (МЭК 61140:2016). Защита от поражения электрическим током. Общие положения для электроустановок и электрооборудования: дата введения 2020-06-01. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293725/4293725420.pdf> (дата обращения 24.03.2023). – Текст : электронный.

29. ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля: дата введения 1986-01-01. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294850/4294850363.pdf> (дата обращения 25.03.2023). – Текст : электронный.

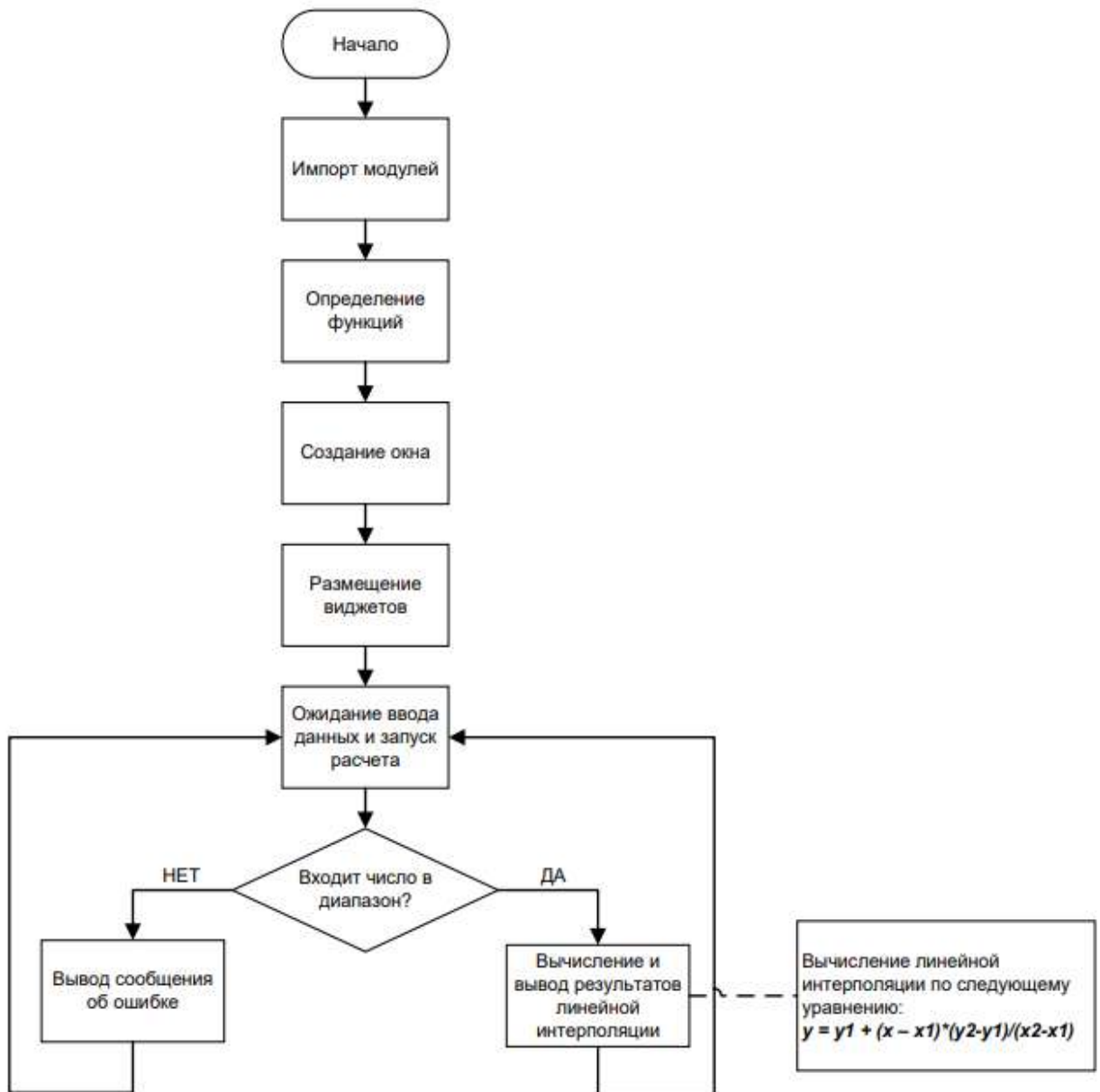
30. ГОСТ 17.0.0.01-76. Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения: дата введения 1977-01-01. – URL: https://www.testprom.ru/img_user/gosts/13/020/gost_17.0.0.01-76.pdf (дата обращения 27.03.2023). – Текст : электронный.

31. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: дата введения 2009-05-01. – URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/19d/4293830316.pdf> (дата обращения 29.03.2023). – Текст : электронный.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Блок – схема



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Код программы

```
import tkinter as tk          // Импорт модуля Tkinter для создания
                              графического интерфейса
from tkinter import messagebox //Импорт модуля messagebox из tkinter
                              для вывода информационных сообщений
from PIL import Image, ImageTk // Импорт модулей Image и ImageTk из PIL для
                              работы с изображениями

// Функция линейной интерполяции
def linear_interpolation(x, x_range, y_range):
    x1, x2 = x_range
    y1, y2 = y_range
    y = y1 + (x - x1) * (y2 - y1) / (x2 - x1)
    return round(y, 2)        // Округление до сотых

// Функция для расчета линейной интерполяции
def calculate_linear_interpolation():
    try:
        // Получение значения x из поля ввода
        x = float(entry.get())

        // Заданные диапазоны x и соответствующие диапазоны y
        x_range = [0.25, 1.2]
        y_range = [40, 400]
        x2_range = [0.35, 1.6]
        y2_range = [40, 400]

        // Проверка, находится ли x в заданных диапазонах
        if x >= x_range[0] and x <= x2_range[1]:
            // Вычисление результатов линейной интерполяции
            y = linear_interpolation(x, x_range, y_range)
            y2 = linear_interpolation(x, x2_range, y2_range)
```

```

// Обновление меток с результатами
result_label.config(text="Варианты режимов:", anchor=tk.W)
result_label_value.config(text=f"Режим 1 - Длительность основного
импульса: {y}", anchor=tk.W)
result_label_value2.config(text=f"Режим 2 - Длительность основного
импульса: {y2}", anchor=tk.W)
else:
// Очистка меток и вывод сообщения об ошибке
result_label.config(text="", anchor=tk.W)
result_label_value.config(text="", anchor=tk.W)
messagebox.showinfo("Ошибка", "Введенное число не лежит в заданном
промежутке!")
except ValueError:
// Вывод сообщения об ошибке при некорректном вводе числа
messagebox.showinfo("Ошибка", "Введите корректное число!")

// Функция для очистки результатов
def clear_results():
// Очистка поля ввода и меток с результатами
entry.delete(0, tk.END)
result_label.config(text="", anchor=tk.W)
result_label_value.config(text="", anchor=tk.W)
result_label_value2.config(text="", anchor=tk.W)

// Функция для изменения размера шрифта
def change_font_size(size):
// Установка нового размера шрифта для всех виджетов
font = ("Arial", size)
for widget in widgets:
    widget.config(font=font)

// Функция для отображения текста внизу окна
def show_bottom_text():
// Обновление текста в метках внизу окна
bottom_text1.config(text="Примените шаг = 2.1 мм", anchor=tk.W)

```

```

    user_value = entry.get()

    bottom_text2.config(text=f"Вы указали глубину упрочнения = {user_value}»,
anchor=tk.W)

// Создание окна
window = tk.Tk()
window.title("Калькулятор глубины. Версия 1.0")

// Размер шрифта
font_size = 21

// Расположение виджетов
entry_frame = tk.Frame(window)
entry_frame.pack()

result_frame = tk.Frame(window)
result_frame.pack()

image_frame = tk.Frame(window)
image_frame.pack(side=tk.BOTTOM)

bottom_frame = tk.Frame(window)
bottom_frame.pack(side=tk.BOTTOM)

// Поле для ввода
entry_label = tk.Label(entry_frame, text="h,мм:", anchor=tk.W)
entry_label.pack(side=tk.LEFT)

entry = tk.Entry(entry_frame)
entry.pack(side=tk.LEFT)

// Кнопка "Вычислить"
calculate_button = tk.Button(entry_frame, text="Вычислить",
command=calculate_linear_interpolation)
calculate_button.pack(side=tk.LEFT)

```



```

// Кнопка "Стереть"
clear_button = tk.Button(entry_frame, text="Стереть", command=clear_results)
clear_button.pack(side=tk.LEFT)

// Результаты интерполяции
result_label = tk.Label(result_frame, text="Варианты режимов:", anchor=tk.W)
result_label.pack(anchor=tk.W)
result_label_value = tk.Label(result_frame, text="", anchor=tk.W)
result_label_value.pack(anchor=tk.W)
result_label_value2 = tk.Label(result_frame, text="", anchor=tk.W)
result_label_value2.pack(anchor=tk.W)

// Текст внизу окна
bottom_text1 = tk.Label(bottom_frame, text="", anchor=tk.W)
bottom_text1.pack(anchor=tk.W)

bottom_text2 = tk.Label(bottom_frame, text="", anchor=tk.W)
bottom_text2.pack(anchor=tk.W)

// Загрузка и отображение изображения
image = Image.open("/Users/nazyrovilstan/Desktop/123.png")
photo = ImageTk.PhotoImage(image)
image_label = tk.Label(image_frame, image=photo)
image_label.pack()

// Применение размера шрифта ко всем виджетам
widgets = [entry_label, entry, calculate_button, clear_button, result_label,
result_label_value, result_label_value2, bottom_text1, bottom_text2]
change_font_size(font_size)

// Привязка события нажатия на самый низ окна
window.bind("<Configure>", lambda event: show_bottom_text())

// Запуск главного цикла обработки событий
window.mainloop()

```

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Комплект таблиц

Таблица В.1 – Оценочная карта для сравнения технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Е	Б _И	Б _В	К _Е	К _И	К _В
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Качество микроструктуры после упрочнения	0,2	5	5	5	0,8	1	0,95
2. Производительность труда	0,1	4	5	4	0,3	1	0,5
3. Нетребовательность к квалификации персонала	0,1	5	3	4	0,8	0,4	0,65
4. Универсальность метода	0,15	4	3	3	0,6	0,4	0,3
5. Безопасность метода	0,15	4	5	5	0,6	0,7	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
7. Конкурентоспособность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
8. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
Итого	1	35	33	33	4,4	4,2	4,2

где Б_Е – поверхностное упрочнение с помощью импульсно-дугового разряда

Б_И – лазерное поверхностное упрочнение;

Б_В – поверхностное упрочнение токами высокой частоты (ТВЧ);

К_Е, К_И, К_В – конкурентоспособность разработки для соответствующих способов поверхностного упрочнения.

Таблица В.2 – Итоговая матрица SWOT - анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Возможность автоматизации данных методов;</p> <p>С2. Экономичность и ресурсоэффективность в разработке рассматриваемых технологий;</p> <p>С3. Востребованность и высокая технологичность методов;</p> <p>С4. Разработка технологии с опытным руководителем;</p> <p>С5. Нетребовательность к квалификации рабочего.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Сложность оборудования для проведения экспериментов;</p> <p>Сл2. Отсутствие производства по данной технологии.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Большой потенциал применения метода в России и других странах;</p> <p>В2. Публикации о проекте в тематических журналах;</p> <p>В3. Нетребовательность к квалификации сотрудника, позволяет легче приспособить данный метод к использованию в других странах.</p>	<p>Разработка технологии поверхностного упрочнения повысит ресурсоэффективность и качество деталей и стали на производстве.</p>	<p>Изучение данного метода способствует разработке оборудования, его выпуску и внедрению на производство.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на данные методы;</p> <p>У2. Внедрение в производство конкурирующих способов сварки;</p> <p>У3. Нехватка финансирования.</p>	<p>Нетребовательность к квалификации рабочего ведет к снижению экономических затрат на обучение сотрудников, тем самым увеличивая спрос на применение данного метода на производстве.</p>	<p>Самой большой угрозой для проекта является отсутствие финансовой поддержки из-за дороговизны и сложности оборудования для проведения экспериментов.</p>

Таблица В.3 – Перечень этапов и работ, распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Бакалавр Руководитель
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	4	Календарное планирование работ	Руководитель Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение экспериментов	Руководитель Бакалавр
	6	Обработка полученных экспериментальных данных	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ результатов и проверка научным руководителем	Руководитель Бакалавр
Написание раздела «Социальная ответственность»	8	Анализ работы с точки зрения безопасности	Бакалавр
Написание раздела «Финансовый менеджмент»	9	Анализ работы с экономической точки зрения	Бакалавр
Оформление отчета по НИР	10	Подведение итогов, оформление работы	Бакалавр

Продолжение таблицы Б.4

8	Обработка полученных экспериментальных данных	Студент	9											
9	Анализ результатов и проверка научным руководителем	Студент Руководитель	23											
10	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	Студент	8											
11	Написание раздела «Социальная ответственность»	Студент	3											
12	Оформление ВКР	Студент	9											

■ – научный руководитель;

■ – студент.

Таблица В.5 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	t_{mini} чел-дни		t_{maxi} чел-дни		$t_{ожи}$ чел-дни		t_{pi}		t_{ki}	
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Составление и утверждение технического задания	1	-	2	-	1,5	-	1	-	1	-
Выбор направления исследований	1	1	2	2	1,5	1,5	1	1	1	1
Календарное планирование	2	2	4	4	3	3	2	3	3	3
Подбор и изучение материалов по теме	-	7	-	9	-	8	-	8	-	12
Проведение экспериментов	10	12	12	15	11	13	6	7	9	11
Обработка полученных экспериментальных данных	-	5	-	12	-	7	-	7	-	11
Анализ результатов и проверка научным руководителем	10	14	12	17	15	15	15	15	23	23
Написание раздела «Финансовый менеджмент»	-	4	-	6	-	5	-	5	-	8
Написание раздела «Социальная ответственность»	-	2	-	4	-	3	-	3	-	5
Оформление ВКР	-	4	-	7	-	5	-	5	-	8

Исп. 1 – научный руководитель; Исп.2 – студент

Таблица В.6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Цена за ед., руб.			Количество			Затраты на материалы, (Зм), руб		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага офисная, упаковка 500 листов	Шт.	330	330	330	1	2	2	330	660	660
Канцелярский набор	Шт.	950	995	1000	1	1	2	950	995	2000
Вольфрамовые электроды, упаковка	Шт.	1020	1500	1670	1	1	2	1020	1500	3340
Картридж для лазерного принтера	Шт.	1286	1400	1000	1	1	1	1286	1400	1000
Защитный газ (аргон) ГОСТ 10157-79	Л	40	50	45	10	15	15	400	750	675
Итого								3986	5305	7675

Таблица В.7 – Специальное оборудование

Приспособление	Единица измерения	Количество	Цена, руб.	Срок полезного действия
Компьютер	Шт.	1	60000	от 2 до 3 лет
Принтер			20000	
Датчик тока	Шт.	1	2000	от 5 – до 7 лет
Машинка для заточки электродов	Шт.	1	24000	от 1 года до 2 лет
Осциллограф	Шт.	1	27000	от 7 – до 10 лет

Таблица В.8 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Приспосо бление	Це на, руб .	Срок полез ного дейст вия	N_A - норма амортиз ации	А – амортиза ция оборудов ания, руб.	Ежемесячн ые амортизац ионные отчисления , руб.	Амортизац ионные отчисления за период выполнени я ВКР, руб.	Общая стоимость с учетом амортизаци онных отчислений , руб.
Компьютер	600 00	3 года	0,33	19800	1650	8250	68250
Принтер	200 00		0,33	6600	550	2750	22750
Датчик тока	200 0	7 лет	0,14	280	23	115	2115
Машинка для заточки электродов	240 00	2 года	0,5	12000	1000	5000	29000
Осциллог раф	270 00	10 лет	0,1	2700	225	1125	28125
Итого							150240 руб.
Итого с учетом затрат по доставке и монтажу (15%)							172776 руб.

Таблица В.9 – Возможные опасные и вредные производственные факторы в лаборатории

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания	ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования.
Повышенный уровень вибрации	СанПиН 1.2.3685-21 Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы.
Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещений	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.
Неионизирующие излучения, такие как: инфракрасное, ультрафиолетовое излучение	ГОСТ ISO 4007-2016. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты глаз и лица.
Химическое воздействие на организм работающего человека	ГОСТ 9.307-89. Единая система защиты от коррозии и старения. Общие требования и методы контроля.
Монотонность труда	СанПиН 1.2.3685-21. Санитарные правила и нормы «гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	ГОСТ Р 56906-2016. Национальный стандарт Российской Федерации. Бережливое производство. Организация рабочего пространства.
Чрезмерно высокая или низкая температура материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека	ГОСТ Р 51337-99. Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей.
Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении работающего	СанПиН 1.2.3685-21 Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы.
Электрический ток	ГОСТ Р 58698-2019 (МЭК 61140:2016). Защита от поражения электрическим током. Общие положения для электроустановок и электрооборудования.
Электромагнитными поля, неионизирующие ткани тела человека	ГОСТ 12.1.006-84. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

Таблица В.10 – Предельно допустимый коэффициент и уровни производственной вибрации

Вид вибрации	Категория вибрации	Направление действия	Фильтр частотной коррекции	Эквивалентные скорректированные уровни виброускорения	
				м/с ²	дБ
Локальная		X_l, Y_l, Z_l	W_h	2	126
Общая	Технологическая вибрация на стационарных рабочих местах	Z_o	W_k	0,1	100
		X_o, Y_o	W_d	0,071	97

Таблица В.11 – Оптимальные величины микроклимата на рабочих местах производственных помещений СанПиН 1.2.3685-21

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Ниже оптимальных величин, не более	Выше оптимальных величин, не более
1	2	3	4	5	6	7	8
Холодный	Пб (233-290)	15-16,9	19,1-22	14-23	15-75	0,2	0,4
Теплый	Пб (233-290)	16-18,9	21,1-27	15-28	15-75	0,2	0,5